

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET  
POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**  
**Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou**



*Faculté des sciences Biologiques et des sciences Agronomiques  
Département des sciences Agronomiques.*

# MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

*En vue de l'obtention du diplôme de Master académique en Agronomie.  
Domaine : Science de la nature et de la vie.  
Spécialité : Management de la qualité totale et sécurité des  
aliments.*

## *Thème*

**Propriétés physico-chimiques et qualité de la matière grasse dans les  
fromages analogues commercialisés en Algérie**

*Réalisé par : M<sup>elle</sup> ABDELLAOUI Lynda.  
M<sup>elle</sup> SEGGAR Fatma.*

*Devant le jury :*

<b>Président: Dr. Amrouche T.</b>	<b>Maitre de conférences</b>	<b>UMMTO</b>
<b>Promotrice: Mme BENTAYEB S.</b>	<b>Maitre assistante</b>	<b>UMMTO</b>
<b>Examineur: M. BENGANA M.</b>	<b>Maitre assistant</b>	<b>UMMTO</b>
<b>Examineur: M. SADOUDI R.</b>	<b>Maitre de conférences</b>	<b>UMMTO</b>

**Promotion 2015/2016**

## *Remerciements*



*Nous tenons à remercier Dieu, tous puissant de nous avoir donné la santé, le courage et la volonté d'effectuer ce modeste travail.*

*Au terme de ce présent travail, nous tenons à remercier :  
Notre promotrice M<sup>me</sup> BENTAYEB S. pour avoir accepté de nous encadrer et pour son suivi et ses conseils.*

*Nous remercions vivement M<sup>r</sup> AMROUCHE T. qui a bien voulu nous faire l'honneur de présider le jury.*

*Nous voulons également exprimer nos sincères remerciements à M<sup>r</sup> BENGANA M. et M<sup>r</sup> SADOUDI R. d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

## *Dédicaces*



*Avec l'aide de Dieu le tous puissant est enfin achevé ce travail, lequel je dédie à toutes les personnes qui me sont chères :*

*A vous mes très chères parents, je vous dis merci pour vos aides et encouragements depuis mon existence. Que Dieu vous protège et vous accorde le bonheur, la santé et une longue vie.*

*A ma grand-mère, que dieu te garde et t'accorde une longue vie.*

*A mes sœurs : Zahia, Farida, Samia, Nassima et la petite Ouiza*

*A mon frère : Marzouk*

*A mes tantes, oncles, cousines et cousins*

*A mon chère Amine*

*A mes petits princes : Taoues, Nada, Arisse et Milissa*

*A mes copines : Lydia, Fatima,*

*A ma chère copine, camarade et binôme Fatma et à toute sa famille.*

*A toute la promotion de management de la qualité total et sécurité des  
Aliments*

**LYNDA**

## *Dédicaces*



*Avec l'aide de Dieu le tous puissant est enfin achevé ce travail, lequel je dédie à toutes les personnes qui me sont chères :*

*A vous mes très chères parents, je vous dis merci pour vos aides et encouragements depuis mon existence. Que Dieu vous protège et vous accorde le bonheur, la santé et une longue vie.*

*A ma grand-mère, que dieu te garde et t'accorde une longue vie.*

*A mes sœurs : Lila, Kahina, Fazia, Dibia et la petite Meriem*

*A mes frères : Ali, Chabane, Mohammed*

*A mes tantes, oncles, cousines et cousins*

*A ma petite princesse : Manelle*

*A mes copines : Nassira, Hanane, Zahia, Chabha, Katia,*

*A ma chère copine, camarade et binôme Lynda et à toute sa famille.*

*A toute la promotion de management de la qualité total et sécurité des  
Aliments*

**FATMA**

## Sommaire

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

**Introduction.** ..... 1

### *Chapitre I : Synthèse bibliographique*

**1. Généralités sur les analogues de fromage** .....

1.1 .Historique ..... 2

1.2. Définition ..... 2

1.3. Classification ..... 3

1.4 .Législation ..... 3

1.5. Les raisons du développement du fromage analogue ..... 4

**2. Technologie de fabrication du fromage analogue pour pizza** .....

**2.1. Procédé de fabrication** ..... 6

**2.2. Matières premières** ..... 7

**2.2.1. Matières premières laitières** ..... 9

2.2.1.1. Caséines..... 9

2.2.1.2. Poudre de lait ..... 10

2.2.1.3. Cheddar ..... 10

**2.2.2. Matières premières non laitières** ..... 10

2.2.2.1. Eau ..... 10

2.2.2.1. Graisse végétale..... 11

2.2.2.3. Protéines végétales ..... 11

2.2.2.4. Amidon ..... 12

2.2.2.5. Sels de fonte ..... 12

2.2.2.5.1. Pouvoir chélatant ..... 12

2.2.2.5.2. Pouvoir tampon..... 13

2.2.2.5.3. Effet bactériostatique .....	13
<b>3. Impact sur la santé .....</b>	
3.1 Généralités sur les acides gras .....	14
3.2. Impact de la consommation des acides gras saturés sur la santé .....	15
3.2.1. Rôle des lipides .....	15
3.2.2. Effet néfaste sur la santé .....	15

## *Chapitre II : Matériel et méthodes*

<b>1. Matériel .....</b>	
1.1. Matériel biologique .....	17
1.2. Matériel non biologique .....	17
1.3. Produits chimiques et réactifs .....	17
<b>2. Méthodes expérimentales .....</b>	
2.1. Echantillonnage .....	17
2.1.1. Prélèvement des échantillons .....	17
2.1.2. Préparation des échantillons .....	18
2.2. Analyse physico-chimique .....	20
2.2.1. Détermination de la teneur en eau et en matières volatiles .....	20
2.2.2 Détermination de teneur en sel .....	21
2.2..3. Détermination du pH de la phase aqueuse .....	22
2.2.4. Détermination du taux de cendres .....	22
2.2.5. Détermination des indices de qualité .....	23
2.2.5.1. Détermination d'acidité .....	23
2.2.5.2.. Détermination de l'indice de peroxyde .....	24
2.2.5.3. Détermination d'indice d'iode .....	26
2.2.6. Détermination de la teneur en matières grasse.....	27
2.2.7. Détermination de la composition en acide gras .....	29
2.2.7.1. Préparation des esters méthyliques d'acides gras.....	29

## *Chapitre III : Résultats et discussion*

<b>1. Evolution des paramètres physicochimiques des produits finis.....</b>	
1.1. Teneur en eau .....	31
1.2 Teneur en sel.....	31
1.3. pH.....	32
1.4. Taux de cendres .....	33
1.5 Les indices de la qualité de la matière grasse .....	33
1.5.1. Acidité.....	33
1.5.2. Indice de peroxyde .....	34
1.5.3. Acidité Indice d'Iode.....	35
1.6. Teneur en matière grasse .....	35
1.7. Profil en acide gras .....	37
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>40</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	
<b>Annexes</b>	

### LISTE DES ABREVIATIONS

**AC** : Analogue Cheese.

**AFNOR** : Association Française de Normalisation.

**AG** : Acide gras.

**AGE** : Acide gras essentiels.

**AGI** : Acides gras insaturés.

**AGS** : Acides gras saturés.

**AGS- ath**: Acides gras saturés Athérogènes.

**ANC** : l'apport nutritionnel conseillé.

**AgNO<sub>3</sub>** : Nitrates d'argent.

**ANSES** : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation

**AOAC**: Association of Analytical Communities.

**APC** : Pizza Cheese Analogue.

**C12 :0**: Acide laurique ; **C14 :0** : Acide myristique ; **C16 :0** : Acide palmitique.

**C4:0**: methyl butyrate; **C22:6**: methyl docosahexaenoate. **C18 :0** Acide stéarique.

**C18 :1** Acide oléique ; **C18 :2** Acide linoléique ; **C18 :3** Acide linoléique .

**C20 :0** : Acide arachidique ; **C20 :1** : Acide gadoléique.

**Ca** : Calcium.

**CaCl<sub>2</sub>**: Chlorure Calcium.

**CG**: Corps Gras

**CPG** : Chromatographie en Phase Gazeuse.

**FA1** : La marque de fromage analogue « Procheese. »

**FA2** : La marque de fromage analogue s « Amazigh. »

**FA3** : La marque de fromage analogue « cheddar râpé ».

**HDL** : Lipoprotéines de haute densité

**I<sub>2</sub>** : Di iode.

**ISO** : International Organisations Standardisations.

**KI** : Iodure de potassium.

**KOH** : L'alcool neutralisé.

**LDL** : Lipoprotéines de faible densité.

**LMMC**: Low-Moisture Mozzarella Cheese.

**LPE** : Poudre Lait Ecrémé..

**MCV** : Maladies Cardiovasculaires

**MeoH** : Méthanol.

**MG** : Matière grasse.

**MGLA** : Matière Grasse Laitière Anhydre

**Na Cl** : Chlorures de sodium.

**NaOH** : Hydroxyde de sodium.

**Na<sub>2</sub> S<sub>2</sub> O<sub>3</sub>**: Thiosulfate de sodium.

**ND** : Non détermine.

**NFDM**: Non-Fat Dry Milk.

**NF** : Norme Française.

**Oméga-3** : Acides gras de la famille oméga-3

**Oméga-6** : Acides gras de la famille oméga-6

## Liste des abréviations.

---

**PH** : potentiel d'Hydrogène.

**SIN** : Système Internationale de Numérotation.

**SIN 330** : l'acide citrique.

**TG** : Triglycérides.

**USDA** : United States Département Agriculture.

**UHT** :traitements thermiques de type stérilisation.





**LISTE DES FIGURES**

**Figure 1** : Classification des fromages analogues ..... 3

**Figure 2**: Processus de fabrication du fromage analogue pour pizza ..... 7

**Figure 3** : Schéma représentant la méthode de prélèvement d'un échantillon homogène et représentatif ..... 19

<b>Tableau I :</b> Les ingrédients utilisés dans la fabrication du fromage analogue.....	8
<b>Tableau II :</b> Présentation des trois échantillons analysés. ....	18
<b>Tableau III :</b> Comparaison entre les résultats de la teneur en eau des échantillons analysés et ceux trouvés par d'autres auteurs .....	31
<b>Tableau IV :</b> Comparaison entre les résultats de la teneur en sel des échantillons analysés et ceux trouvés par d'autres auteurs .....	31
<b>Tableau V :</b> Comparaison entre les résultats de pH des échantillons analysés et ceux trouvés par d'autres auteurs .....	32
<b>Tableau VI :</b> Comparaison entre les résultats de taux de cendre des échantillons analysés et ceux trouvés par d'autres auteurs. ....	33
<b>Tableau VII :</b> Comparaison entre les résultats de l'acidité des échantillons analysés et ceux trouvés par d'autres auteurs.....	33
<b>Tableau IX :</b> Comparaison entre les résultats d'indice de peroxyde des échantillons analysés et ceux trouvés par d'autres auteurs. ....	34
<b>Tableau X :</b> Comparaison entre les résultats d'indice d'iode des échantillons analysés et ceux trouvés par d'autres auteurs.....	35
<b>Tableau XI :</b> Comparaison entre les résultats de la teneur en matière grasse des échantillons analysés et ceux trouvés par d'autres auteurs.....	35
<b>Tableau VIII :</b> Apport énergétique lipidique du FA râpé sur une pizza.....	36
<b>Tableau XII :</b> Composition en acides gras (en % des esters méthyliques d'acides gras totaux) des analogues de fromage.....	38



# *Introduction*

Les fromages analogues sont généralement définis comme des produits obtenus par le mélange de différents constituants incluant des matières grasses et/ou des protéines d'origine non laitières. Leurs procédés de fabrication consistent à remplacer une partie ou la totalité des ingrédients laitiers par des ingrédients moins onéreux. La maîtrise de leurs propriétés fonctionnelles explique probablement en partie le succès de ces produits (utilisation comme « fromages à pizzas » essentiellement).

Cette famille de produit a connu une forte croissance ces dernières années en Europe, en raison de leur rapport coût-efficacité, attribuable à la simplicité de la fabrication. L'avantage principal de la production de ce fromage reste son coût très faible et stable, indépendant des fluctuations du marché du lait. Les risques sur la santé liés à la consommation de ce type de fromage, de par leur composition en acides gras saturés ne sont en aucun cas pris en considération.

Cependant, le manque, de toutes les statistiques détaillées rend impossible d'indiquer la place qu'occupe le fromage analogue sur le marché mondial. Un marché important est développé aux États-Unis. La production globale en 2000 est estimée de 2 millions de tonne/an, qui est l'équivalent de 13% de la quantité total de fromages (Guinee et *al.*, 2004).

Dans ce contexte, le présent travail vise une meilleure connaissance de la composition de ces fromages analogues, ainsi que les dangers qui peut provoquer ce fromage sur la santé du consommateur.

Hormis l'introduction et la conclusion, ce travail, est organisé en trois grandes parties : La première partie consiste en une synthèse bibliographique sur les fromages analogues. La deuxième partie est un exposé du matériel et des méthodes mis-en œuvre dans le cadre du travail expérimental. Une brève de cette partie a été consacrée aux analyses physicochimiques des fromages avec les protocoles expérimentaux. Les résultats sont ensuite développés dans une troisième partie où ils sont discutés.

# *Chapitre I :*

## *Synthèse bibliographique*

## 1. Historique :

La production du fromage fondu a commencé en Europe, datant du milieu des années 1890. Il est possible de suggérer que l'idée du fromage fondu est issue d'un désir de prolonger la durée de vie du fromage naturel ou de développer un nouveau type de fromage qui est plus doux au goût ou plus stable.

La production commerciale du fromage fondu a commencé sérieusement en Europe et aux Etats-Unis entre 1910 et 1920. Les techniques de production étaient fondées sur le cheddar et d'autres variétés de fromage, et utilisaient des citrates, les sels émulsifiants. Ces premières tentatives pour produire du fromage fondu de bonne qualité ont eu un succès limité, mais le processus est devenu très répandu dans les années 1930 lorsque les sels émulsifiants (par exemple des polyphosphates et d'autres types) sont apparus sur le marché (Berger et *al.*, 1989). En outre, d'autres ingrédients laitiers et non laitiers pourraient être ajoutés au mélange avant le traitement, et l'utilisation de ces ingrédients est normalement régie par une réglementation légale dans chaque pays de fabrication.

Contrairement à la croyance actuelle, le fromage fondu est fabriqué à partir de fromages naturels de bonne qualité. Cependant, ces derniers ne sont utilisés que dans de très faibles proportions.

Le fromage analogue est fabriqué à partir de mélanges de produits laitiers et/ou de protéines et graisses/huiles non laitières. Il a été suggéré par Shaw (1984) qu'en réponse à l'augmentation des coûts de fabrication du fromage fondu, les produits d'imitation ont été développés pour répondre à la demande dans les établissements de restauration rapide tels que les pizzerias, pour les aliments cuisinés et les aliments formulés (Bachmann, 2001). Il est évident qu'il y a beaucoup de similitudes entre la fabrication du fromage et ses analogues.

## 2. Définition :

Les fromages analogues sont décrits comme des produits qui ressemblent au fromage, mais dans lesquels la matière grasse du lait a été partiellement ou complètement remplacées par d'autres matières grasses (**Commission codex alimentarius, 2004**).

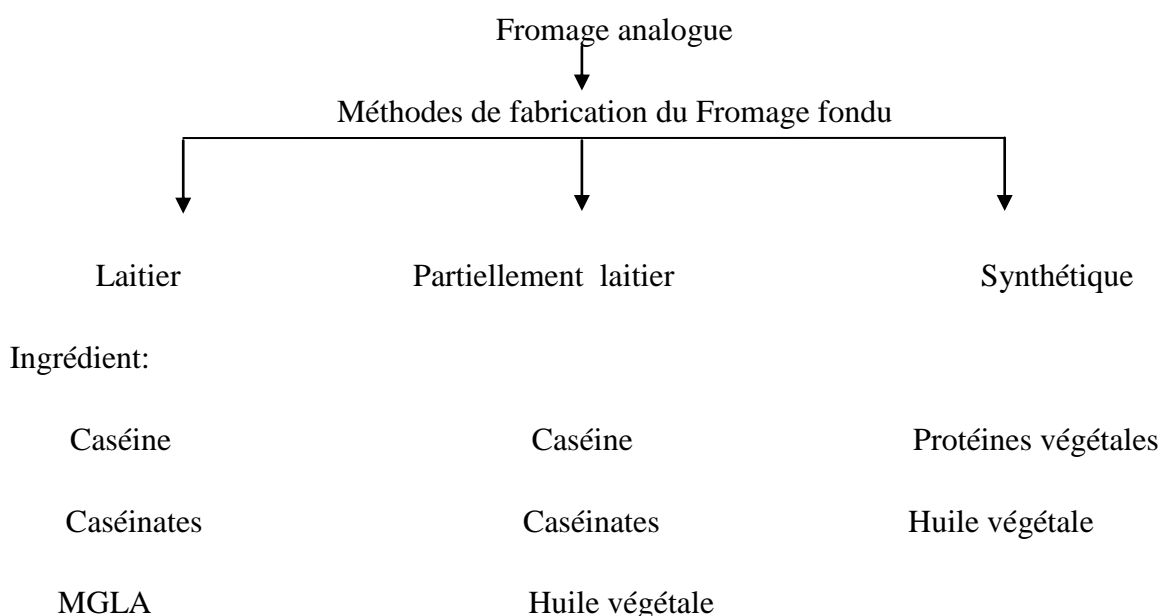
Aux Etats-Unis, un fromage analogue est défini comme un produit qui est un substitut et ressemble au fromage, mais est nutritionnellement inférieur, où l'infériorité nutritionnelle implique une réduction de la teneur d'un nutriment essentiel présent dans une quantité

mesurable, mais ne comprend pas une réduction de la teneur calorique ou de matière grasse (FDA, 2003).

Le Fromage Analogue peut prendre plusieurs nominations tels que : artificiel, synthétique, imitation, substitut, spécialité fromagère. Ce fromage peut être certifié Casher ou Halal (Bachmann, 2001).

### 3. Classification :

Les fromages analogues peuvent être classés comme produits laitiers, produits laitiers partiels ou produits non laitiers, selon que la matière grasse ou les protéines proviennent de source laitière ou végétale (figure 1) (Chavan et Jana, 2007).



**Figure 1** : Classification des fromages analogues (Chavan et Jana, 2007)

### 4. Législation :

#### 4.1. En Europe :

La Commission Européenne a autorisé l'utilisation de ce fromage analogue à condition que les ingrédients qui le composent soient indiqués sur l'étiquette des emballages et ces produits devraient être appelés « préparation fromagère » ou « spécialité fromagère » et non fromage car selon la loi la dénomination « fromage » est réservée au produit fermenté ou

non, affiné ou non, obtenu à partir de matière d'origine exclusivement laitière », décret n° 2007-628 du 27 avril 20.

Le droit français comme le droit européen dans son Règlement 1169/2011 interdisent d'induire le consommateur en erreur par les informations données sur les denrées alimentaires.

Le droit européen est encore plus clair sur le sujet. Le règlement 1169/2011 précise dans son article 7 que ; les informations sur les denrées alimentaires ne doivent pas induire en erreur, notamment sur les caractéristiques de la denrée alimentaire : la nature, l'identité, les qualités, la composition, la quantité, la durabilité, le pays d'origine ou le lieu de provenance, le mode de fabrication ou d'obtention de cette denrée.

#### **4.2. En Algérie :**

Suite à maintes déplacements au ministère du commerce, aucune information n'a pu être soutirée concernant les analogues de fromage commercialisés en Algérie, sous l'appellation spécialités fromagères. Ils ne disposent apparemment d'aucune donnée statistique sur ce produit. De plus, aucune législation ne semble régir cette production et commercialisation. Bien que la réglementation algérienne protège le consommateur de toute pratique qui peut présenter un risque sur sa santé selon la loi n°09-03 de 29 safar 1430 correspondant au 25 février 2009 relative à la protection du consommateur et à la répression des fraudes (JO n°15/2009).

#### **5. Les raisons du développement du fromage analogue :**

Selon Guinee et *al.*, (2004), les fromages analogues sont de plus en plus utilisés dans différents domaines en particulier les secteurs agroalimentaires en tant qu'ingrédient de recettes des aliments formulés, et cela est dû à plusieurs raisons, certains d'entre eux sont discutés ici :

- ✓ L'augmentation considérable de la consommation de pizza ; fast-foods et repas classiques sont devenus extrêmement populaires dans lesquels le fromage très apprécié est utilisé comme l'un des ingrédients préférés.
- ✓ Le fromage naturel coûte plus cher que ses substituts. Le coût de production de l'imitation de fromage peut être considérablement inférieur à celui de leurs

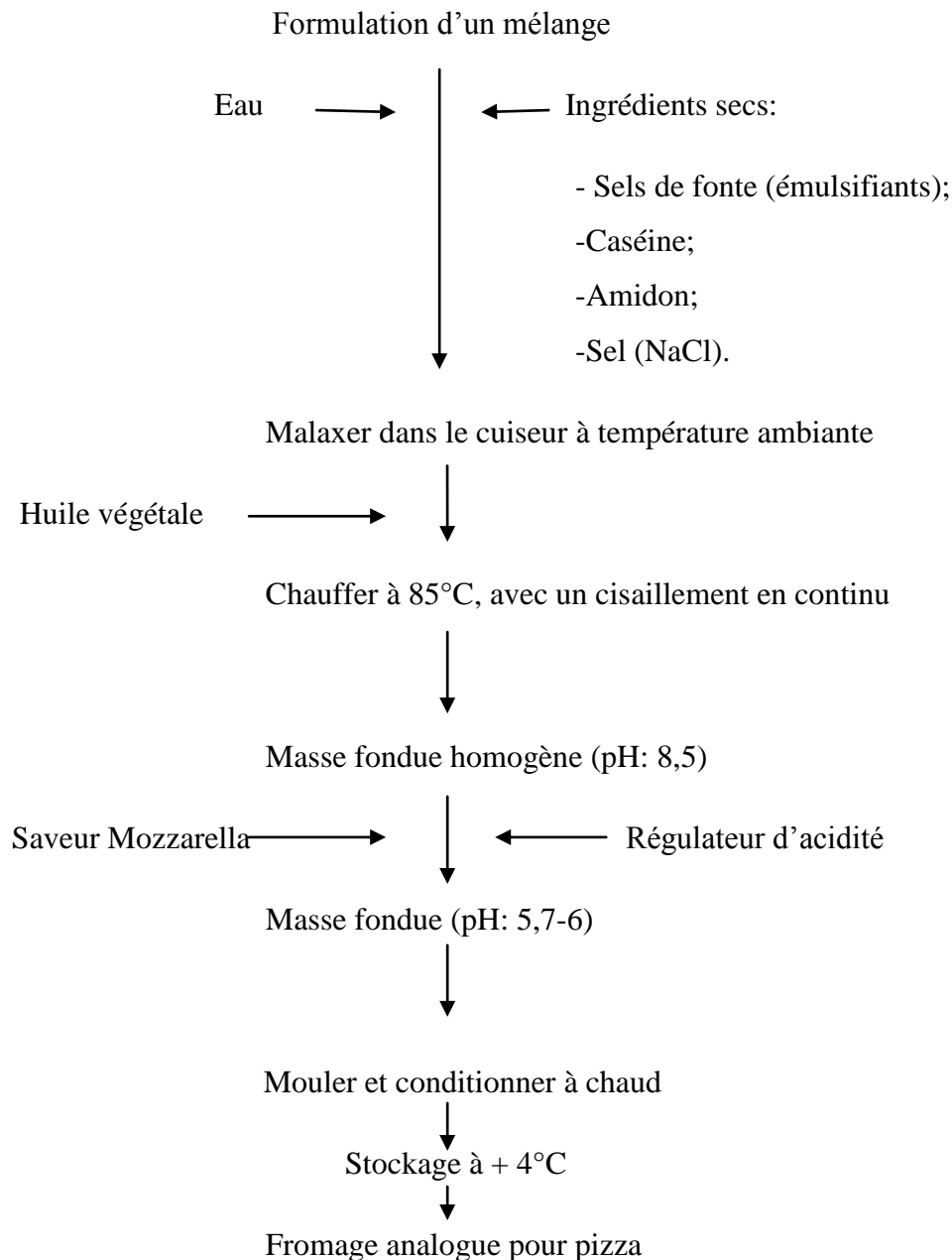
homologues naturels. En plus des économies dans l'équipement et les procédés de fabrication, la substitution de la graisse du lait par l'huile végétale qui est moins coûteuse et l'absence totale de maturation permet une production plus rapide.

- ✓ La faible production de lait dans certaines régions du monde a conduit à un intérêt accru pour l'utilisation d'ingrédients de substitution à partir de sources végétales (McNutt, 1989 ; Ahmed *et al*, 1995). Dans les pays en développement où les produits laitiers sont chers et en quantité insuffisante, les substituts laitiers préparés à partir de matière végétale fournissent une alternative nutritive (Santos, Resurreccion, & Garcia, 1989).
- ✓ Les fromages analogues offrent une gamme de fonctions diverses (par exemple la fonte ; résistance ; l'aptitude au râpage, etc.), et présentent une stabilité fonctionnelle élevée pendant le stockage.
- ✓ Les produits de substitution peuvent être conçus pour répondre aux besoins alimentaires particuliers par le biais de changements dans la formulation. Il y a un intérêt toujours croissant chez les consommateurs pour les aliments qui contiennent moins de matières grasses, graisses saturées, de cholestérol, et de calories. De tels produits sont intéressants pour contrôler le poids corporel et réduire le risque de maladies cardio-vasculaires (Kong-Chan, Hellyer, & Tafuri, 1991; Mortensen et McCarthy, 1991).

**1. Procédé de fabrication :**

Un procédé de fabrication typique comprend les étapes suivantes : addition simultanée des quantités requises d'eau et d'ingrédients secs (par exemple la caséine, les sels de fonte), ajout d'huile et cuisson à environ 85C° (par injection directe de vapeur), tout en malaxant en c. L'ajout d'arômes, tel qu'EMF vers la fin du traitement, minimise la perte d'arômes volatils continu, jusqu'à l'obtention d'une masse fondue homogène. Les substances aromatisâtes (par exemple, une enzyme de fromage modifiée (EMF), distillat de départ) et le régulateur de pH (par exemple l'acide citrique) sont ensuite ajoutés et le mélange est malaxé pendant encore quelques minutes, puis emballé à chaud. On utilise pour la fabrication du fromage analogue des cuiseurs horizontaux à double vis (par exemple Damrow, Blentech), fonctionnant à une vitesse d'environ 40 tours par minute (figure 2) (Guinée et *al.*, 2004).

Ajouter l'acide, à la fin de la fabrication, assure un pH élevé (8-9) dans le mélange au cours du traitement. Ceci permet une meilleure émulsification de l'huile végétale dans la matrice protéique. L'ajout d'arômes, tel qu'EMF vers la fin du traitement, minimise la perte d'arômes volatils.



**Figure 2:** Processus de fabrication du fromage analogue pour pizza (Guinee et *al.*, 2004)

## 2. Matières premières :

Plusieurs composants peuvent être utilisés dans la fabrication du fromage analogue comme le montre le tableau I.

**Tableau I:** Les ingrédients utilisés dans la fabrication du fromage analogue (Chavan et Jana, 2007)

Ingrédient	Fonction principale/effet	Exemples
Matière grasse	Donne la composition souhaitée, la texture et l'aptitude à la fusion. La MGLA donne la saveur laitière.	Beurre, matière grasse laitière anhydre, les huiles de soja, de maïs, de palme, naturelles ou partiellement hydrogénés.
Protéines du lait	Donne la composition souhaitée, une texture semi-dure avec une bonne aptitude au râpage, et un écoulement et une plasticité.	Caséines, caséinates, protéines de lactosérum
Protéines végétales	Donne la composition souhaitée. Réduction des coûts.	Protéines de soja, protéines d'arachide, et le gluten de blé
Amidon	Remplacement de la caséine. Réduction des coûts.	Formes natives et modifiées d'amidon de maïs, riz, ou pomme de terre.
Sels de fonte (stabilisateur)	Aider à la formation d'un produit stable d'un point de vue physicochimique. Modifie les propriétés texturales et fonctionnelles.	Le phosphate de sodium et citrate de sodium.
Carraghénane (stabilisateur)	Améliorer la stabilité du produit. Modifie les propriétés texturales et fonctionnelles	La gomme guar, la gomme xanthane, carragénine.
Agents acidifiants	Permet le contrôle du pH dans le produit final.	Des acides organiques, par exemple lactique, acétique, citrique, phosphorique.
Saveurs et exhausteurs de goût	Apporte saveur, accentue la saveur.	EMF*, distillats de départ, extraits de fumée de bois, des épices, du chlorure de sodium, extrait de levure.
Colorants	Donner la couleur désirée	Rocou, paprika, couleurs artificielles.
Conservateurs	Retarde la croissance de moisissures; prolonge la durée de vie	Nisine, K-sorbate, propionate de Na ou Ca.
Préparations vitaminées et minérales	Améliorer la valeur nutritive	Oxyde de magnésium, oxyde de zinc, fer, palmitate de vitamine A, riboflavine, thiamine, acide folique

EMF\* : Enzyme de Fromage Modifié.

## **2.1 Matières premières laitières :**

### **2.1.1 Caséines :**

La principale source de protéines dans les fromages analogues est le Caséinate ou la caséine présure. Le premier est utilisé principalement pour les produits à tartiner. La caséine présure est quant à elle utilisée pour les produits en blocs semi-durs et particulièrement le cheddar où elle donne généralement une texture filamenteuse et extensible (Fox et *al.*, 2000).

La caséine est un produit riche en protéines. Il est préparé à partir de la coagulation enzymatique du lait écrémé frais pasteurisé. Il convient pour une utilisation végétarienne. La caséine se présente généralement sous forme d'une poudre granuleuse, de couleur blanc jaunâtre, soluble en milieu alcalin, mais insoluble dans l'eau (Fox et *al.*, 2000).

Il y a deux types de caséines, la caséine acide et la caséine présure. Ils sont nommés conformément à l'agent coagulant utilisé (Asper, 1980). La caséine acide est obtenue en utilisant des acides minéraux tels que l'acide chlorhydrique ou sulfurique. L'acide dilué, est pulvérisé sur le lait écrémé à chaud (45 ° à 50 ° C) que l'on agite constamment jusqu'à ce que le lait précipite en particules fines (Southward, 1994). La caséine présure est obtenue par la coagulation de lait écrémé par la présure. Des ions calcium solubles sont nécessaires pour cette réaction. Des quantités suffisantes d'ions calcium sont déjà présentes dans le lait. L'addition d'une solution de chlorure de calcium peut aider la présure pour coaguler correctement. De petites quantités de caséine présure sont également utilisées comme matière première pour le fromage fondu.

### **2.1.2. Poudre de lait :**

La poudre de lait écrémé tend à améliorer la qualité et la stabilité des fromages analogues.

### **2.1.3. Cheddar :**

Cheddar est l'une des plus grandes variétés de fromage dans le monde. Avec environ 1,6 millions de tonnes produite chaque année aux États-Unis, il occupe le deuxième rang après la mozzarella (Statista, 2015). Il est largement consommé à la fois comme un fromage de

table et comme ingrédient dans divers plats culinaires tels que les soupes et les sauces (Guinee, 2016).

Le cheddar est un fromage à pâte ferme, fait à partir de lait de vache, affiné dans la masse et contenant au minimum, 31% de matières grasses et au maximum, 39% d'humidité. Sa texture est ferme, lisse et cireuse sans ouverture. Sa pâte fondante en bouche possède une couleur uniforme allant du blanc ivoire à une couleur plus orangée alors que sa saveur varie considérablement selon le temps d'affinage (St-Gelais & Tirard-Collet 2010;Codex Alimentarius 2013b).

## **2.2. Matières premières non laitières :**

### **2.2.1. Eau :**

L'humidité des fromages étant généralement faible, puisque l'on incorpore des poudres, il est absolument nécessaire d'apporter de l'eau au mélange. Celle-ci permet de solubiliser et de disperser les protéines et d'émulsionner par conséquent la matière grasse libre. Cette eau doit être de qualité alimentaire (Marshall, 1990), c'est-à-dire avec une faible teneur en micro-organismes et en contaminants chimique tels que les nitrates. Elle peut être apportée sous forme liquide en une ou plusieurs fois à différents moments de la fabrication mais toujours froide afin d'assurer une quantité d'eau de condensation constante lors du chauffage. Dans le cas des traitements thermiques de type stérilisation UHT, cette eau est injectée sous forme de vapeur dans une plage de 120 à 140°C et sous une pression de 2,105 à 4,105 Pa (Marshall, 1990; Berger et *al.*, 1993).

### **2.2.2. Graisse végétale :**

La graisse végétale est plus économiques que la matière grasse laitière, malgré l'inconvénient de leur richesse en acides gras saturés, el leur impact négatif sur la santé humaine (Bachmann, 2000). Depuis de nombreuses années, les produits fromagers synthétiques ont été réalisés en remplaçant la matière grasse présente dans le fromage naturel par une autre, moins cher, graisse animale ou végétale. Dans presque tous les cas, les fromages synthétiques sont offerts à moindre coût, ce qui était probablement le facteur le plus important dans l'acceptation initiale de ces produits laitiers synthétiques. Au cours des dernières années, et, avec la sensibilisation accrue du public aux dangers de cholestérol qui se

trouve dans les graisses animales, les produits fromagers synthétiques dans lesquels la matière grasse est remplacée par une graisse végétale ont gagné en popularité (Kong- Chan et al, 1991).

Différentes procédures de substitution de la matière grasse laitière avec de l'huile végétale hydrogénée, comme le soja, l'arachide, le palmiste, les graines de coton, la noix de coco ou le maïs ont été développés (Arellano-Gomez et *al.*, 1996). L'utilisation de matières grasses végétales peut donner au fromage une cohérence qui le rend plus adapté pour certaines applications. L'huile de soja confère une dureté et une adhérence pour les substituts de fromages, mais risque de diminuer leur cohésion et leur souplesse. Un effet inverse a été observé lors de l'usage l'huile de soja (Lobato-Calleros et *al.*, 1997). Des fromages analogues formulés avec des proportions différentes d'acide butyrique et / ou de l'huile de soja ont montré d'importantes variations de texture (Arellano-Gomez et *al.*, 1996).

### **2.2.3. Protéines végétales :**

Des études ont été entreprises pour le remplacement de la caséine dans les spécialités fromagères par différents types de protéines végétales ; les protéines de soja, des arachides et le gluten du blé. Ces dernières ont une capacité élevée d'absorption d'eau et génèrent une consistance épaisse et peu fluide. Elles doivent être incorporées à de faibles doses (2 à 3 %) (Chen et *al.*, 1979).

### **2.2.4. Amidon :**

Aucun autre ingrédient alimentaire ne rivalise avec l'amidon en termes de polyvalence et d'application dans l'industrie alimentaire. Les amidons ont été employés pour la diversification des textures ; l'amélioration de l'esthétique des produits ; la simplification de la déclaration du label ; la réduction des coûts de production ; la garantie de la consistance des produits et pour prolonger la durée de conservation (Taggart et *al.*, 2009).

L'amidon a été incorporé dans le fromage analogue, principalement pour remplacer la caséine qui est plus cher (Zwiercan et al., 1987; Mounsey et O'Riordan, 2001). L'amidon de maïs natif est le plus utilisé.

L'amidon natif peut être utilisé à des concentrations de 2-4% pour remplacer environ 10-15% de la caséine totale du fromage analogue. Mounsey et O'Riordan (2001) ont observé une réduction de la cohésion dans les fromages analogues contenant un taux élevé d'amidon. La dureté de ces fromages a augmenté lors de l'utilisation des amidons de blé, de pomme de terre et l'amidon de maïs, mais elle a été réduite par l'utilisation d'amidon cireux de maïs ou de riz.

#### **2.2.4. Sels de fonte :**

Les sels de fonte utilisés dans la fabrication du fromage fondu sont essentiellement les sels de sodium de l'acide phosphorique et l'acide citrique. Les principales propriétés pour lesquelles les sels de fonte sont utilisés sont :

##### **2.2.4.1. Pouvoir Chélatant :**

Il peut être défini comme l'aptitude à fixer des cations métalliques pour former des complexes solubles. Cette propriété de séquestration qu'ont les polyphosphates permet de retirer le calcium du système protéique. Il en résulte un réarrangement des molécules protéiques et l'exposition des groupes hydrophiles. L'évolution du calcium au cours de ce processus est donc un point important, de même que l'état des phosphates et, secondairement, celui du potassium et du Magnésium (Horne, 1998).

##### **2.2.4.2. Pouvoir tampon :**

L'ajustement du pH d'une formule de fromage constitue une étape importante dans le procédé de fabrication. Le pouvoir tampon des sels de fonte affecte la conformation des protéines, l'hydratation et la séquestration du calcium. Les différents sels de fonte permettent, par leur pouvoir tampon, d'ajuster le pH du produit à la bonne valeur. Cependant, l'augmentation de la concentration de polyphosphates a un effet moindre sur le pH (Karahadian, 1984).

##### **2.2.4.3. Effet bactériostatique :**

Certains sels possèdent un effet bactériostatique, c'est le cas surtout des polyphosphates et des orthophosphates qui peuvent inhiber très nettement la multiplication de plusieurs espèces, et prolonger la durée de conservation du produit fini (Wagner, 1986).

## 1. Définition :

Les lipides constituent un élément essentiel de notre alimentation. Qu'ils soient appelés corps gras, matières grasses ou graisses, ils contribuent au bon fonctionnement de l'organisme et à son développement (synthèse d'hormones, fertilité...etc.) (Bouhadjra, 2011). Les huiles et les matières grasses (MG) employées dans l'industrie des CG, proviennent de deux grandes sources, végétale ou animale (François, 1974 ; Scriban, 1988). Les huiles et les MG végétales sont extraites à partir des graines oléagineuses (soja, arachide, tournesol et colza) et des pulpes de certains fruits notamment, l'olive et le palme.

Les corps gras (CG) sont des biomolécules organiques de structure chimique diverse ; elles sont constituées de Carbone (C), Hydrogène (H) et d'Oxygène (O). Les CG appartiennent à la catégorie d'esters solubles dans les solvants organiques et insolubles dans l'eau, et cette propriété fondamentale qui est la source même des phénomènes particuliers qui accompagnent leur digestion, absorption, transport dans le sang et métabolisme au niveau cellulaire (Dupin, 1992).

## 2. Composition des corps gras :

Les triglycérides (TG) représentent 90 à 99% de lipides simples apolaires ; ce sont des triples esters d'AG et de glycérol (Cuvelier, 2004).

### 2.1. Acides gras :

Les acides gras sont des acides mono carboxyliques, généralement à chaîne linéaire et à nombre pair d'atome de carbone. Ils peuvent être distingués selon leur insaturation et la longueur de leurs chaînes hydrocarbonées (Larguir et Noel, 1978).

### 2.2. Acides gras saturés :

Les AGS sont formés de chaînes linéaires avec des liaisons simples. Ce sont les plus répandus dans la nature. Leurs réactions se limitent aux réactions de la fonction carboxylique. La formule brute de l'acide gras saturée est :  $C_nH_{2n}O_2$  (Jammes, 2007).

### 2.3. Acides gras insaturés :

Ils possèdent une ou plusieurs doubles liaisons, relativement instables dans leurs molécules. Pour cette raison, ils peuvent être l'objet de réaction d'addition et fixer de nouveaux corps (Dupin, 1992).

## 3. Impact de la consommation des acides gras saturés sur la santé :

### 3.1. Rôle des lipides :

Les CG alimentaires constituent un élément nutritif indispensable chez l'homme et ce, en raison des diverses propriétés biologiques qu'ils possèdent. Ces propriétés sont essentiellement des sources d'énergie, de vitamines, d'acides gras essentiels et d'éléments de structure cellulaire (Karleskind, 1992).

#### 3.1.2. Biologiques :

Selon Toutou, 2005, les MG font partie des constituants membranaires, des réserves d'énergie pour la cellule et sont des précurseurs de stéroïdes, de vitamines liposolubles et de prostaglandines.

#### 3.1.3. Nutritionnels :

Ils présentent un apport d'énergie élevé (9 kcal/g), d'acides gras essentiels (AGE) : acide linoléique ( $\omega 6$ ) et l'acide  $\alpha$ -linoléique ( $\omega 3$ ) qui ont pour rôle de diminuer les risques des maladies cardiovasculaires (MCV) et d'apport de vitamines liposolubles A, D, K, essentiellement la vitamine E qui joue un rôle antioxydant (les CG apportent, aussi, des phytostérols jouant un rôle hypocholestérolémiant) (Jeantet et al., 2006).

#### 3.1.4. Technologique :

Ils constituent un milieu de conservation contre les bactéries aérobies, un fluide caloporteur ou vecteur de chaleur dans la cuisson des aliments notamment la friture et un agent émulsifiant (Dieffenbacher et al., 2000).

### 3.2. Effet néfaste sur la santé :

Les acides gras saturés ne peuvent pas être considérés comme un groupe homogène. Comme il existe des différences au sein du groupe des acides gras insaturés (p. ex. les acides gras polyinsaturés, mono-insaturés, les oméga-6 et oméga-3, EPA, DHA), on observe également d'importantes variations métaboliques et fonctionnelles au sein du groupe des acides gras saturés. Ces derniers se trouvent dans les graisses animales (lait, fromage, beurre, viande...) mais aussi dans quelques graisses végétales comme dans l'huile de coco et l'huile de palme.

De plus, nous ingérons des acides gras saturés non seulement par le biais de notre alimentation mais notre organisme en produit également (p. ex. l'acide palmitique, l'acide stéarique). En 2010, l'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) a procédé à une actualisation de ces recommandations en matière d'acides gras. Legrand apporta les précisions suivantes: «La contribution recommandée des lipides aux besoins en énergie a été portée à 35-40 %. Celle des acides gras saturés s'élève à 12 %. Seule la consommation d'acide laurique (C12:0), d'acide myristique (C14:0) et surtout d'acide palmitique (C16:0) doit être limitée au total à 8 % en énergie étant donné qu'en cas de consommation excessive, ils pourraient effectivement accroître le risque cardiovasculaire» (Lamarche B., Couture P., 2014).

*Chapitre II :*

*Matériels et méthodes*

## **1. Matériel :**

### **1.1. Matériel biologique :**

Le matériel biologique est composé de trois échantillons de fromage analogue commercialisés en Algérie à savoir : Procheese (FA1) ; Amazigh (FA2) et Cheddar râpé (FA3).

### **1.2. Matériel non biologique :**

Micropipettes. Gants et masques pour la manipulation de produits dangereux. Différents types de verrerie (béchers, Erlen-Meyer, fioles jaugées, pipettes graduées, tubes à essais, burette...).

### **1.3 Produits chimiques et les réactifs :**

Chloroforme. Acide acétique. Iodure de potassium. Solution d'amidon. Thiosulfate de sodium. Réactif de wijjs. Ethanol. Phénolphtaléine. Hydroxyde de sodium (NaOH). Chromates de potassium. Nitrates d'argent ( $\text{AgNO}_3$ ). Hexane. Ethanol. Méthanol (MeOH).

## **2. Méthodes expérimentales:**

### **2.1. Echantillonnage :**

#### **2.1.1. Prélèvement des échantillons:**

Les échantillons ont été choisis suite à une petite enquête réalisée auprès de plusieurs pizzerias et points de vente dans la ville de Tizi-Ouzou. La question posée était « quelle est la marque de fromage que vous utilisez au niveau de votre pizzeria ? » ou bien « quelle est la marque de fromage la plus demandée par les pizzerias ? » selon qu'il s'agissait d'une pizzeria ou d'un point de vente.

Suite à cette prospection, il est apparu que deux marques de fromage font l'unanimité à savoir Amazigh et Procheese. Le cheddar râpé a été choisi parmi d'autres marques disponibles sur le marché (Tableau II).

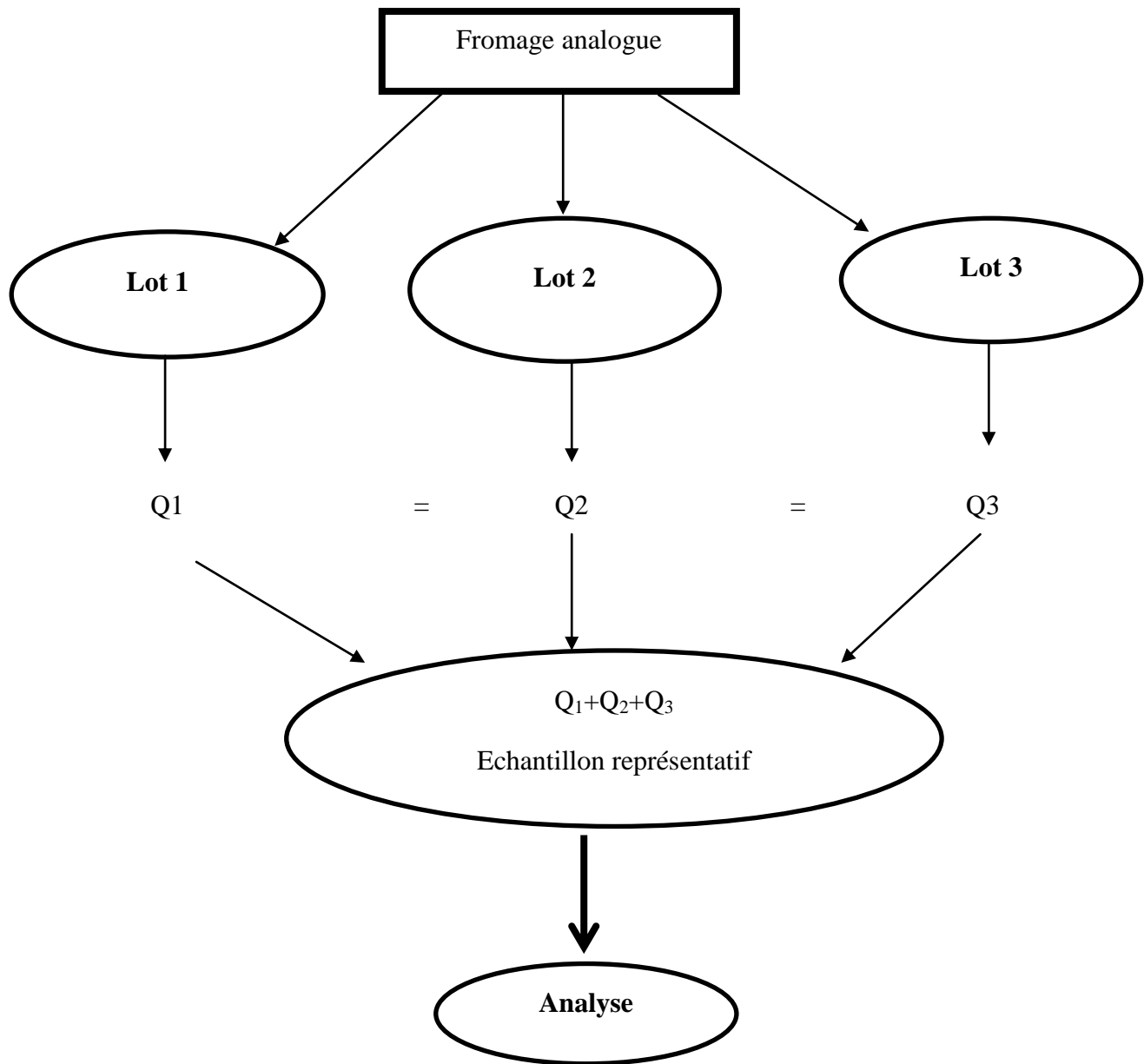
**Tableau II : Présentation des trois échantillons analysés**

<b>Produit</b>	<b>Code</b>	<b>Producteur</b>	<b>Composition</b>
<b>Procheese</b>	FA1	Procheese.Alger	eau traitée, matière grasse végétale, épaississant (SIN 1420, SIN 1450 (0.5%)), protéine de lait, sel de table, sel de fonte (SIN 452 (0.2%)), correcteur d'acidité : acide citrique (SIN 330 (0.2%)), colorant alimentaire (SIN 160 (0.1%)).
<b>Amazigh</b>	FA2	Fromagerie E.U.R.L Amazigh de Boumerdes	Cheddar, lait en poudre (0 - 26%), matière grasse végétale, protéine de lait, sel de table, l'eau traitée, additif alimentaire (SIN 452/450), un stabilisant (SIN 1442), colorant (SIN 160 a (ii)).
<b>Cheddar râpé</b>	FA3	Cité 172 de Meddour. Sétif	Matière grasse végétale, lait en poudre, amidon de maïs, eau, cheddar à 5%, sel de table, additif alimentaire, di phosphate (SIN 450), poly phosphate (SIN 452), extrait de protéine de lait, saveur de fromage (SIN 621), acide acétique (SIN 330), colorant (SIN 160), sorbate de potassium(SIN202), lait.

### 2.1.2. Préparation des échantillons :

Afin de constituer un échantillon homogène, nous avons collecté trois échantillons ayant des numéros de lots différents.

Les échantillons sont préparés selon la méthode préconisée par Ovesen et *al.*, et Letha et *al.*, 2003 (figure 3).



Q : quantité

**Figure 3 :** Schéma représentant la méthode de prélèvement d'un échantillon représentatif

## 2. 2 Analyses physico-chimiques:

### 2.2.1 Détermination de la teneur en eau et en matières volatiles (ISO, international standard, 1998, Méthode 662) :

#### Principe :

Cette détermination repose sur l'élimination de toute l'eau contenue dans l'échantillon par une évaporation totale à une température de  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ , jusqu'à obtention d'un poids constant de la prise d'essai analysée.

#### Mode opératoire :

Peser 5 g de l'échantillon pour essai, dans le vase préalablement séché et taré



Maintenir le vase contenant la prise d'essai durant 1 h dans l'étuve réglée à  $103 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$



Laisser refroidir dans le dessiccateur jusqu'à température ambiante, puis peser



Répéter les opérations de chauffage, de refroidissement et de pesée, mais avec des séjours successifs dans l'étuve de 30 min chacun, jusqu'à ce que la perte de masse entre deux pesées successives ne dépasse pas 2 mg ou 4 mg, selon la masse de la prise d'essai



Effectuer deux déterminations sur des prises d'essai provenant du même échantillon pour essai.

#### Expression des résultats :

$$\mathbf{H\% = \frac{p_0 - p_1}{p_0} \times 100}$$

Où :

**H%** : teneur en eau ;

**P<sub>0</sub>** : est le poids initial de la prise d'essai ;

**P<sub>1</sub>** : est le poids final de la prise d'essai après étuvage.

### 2.2.2. Détermination de la teneur en sel (NE. 1. 2.429, 1989) :

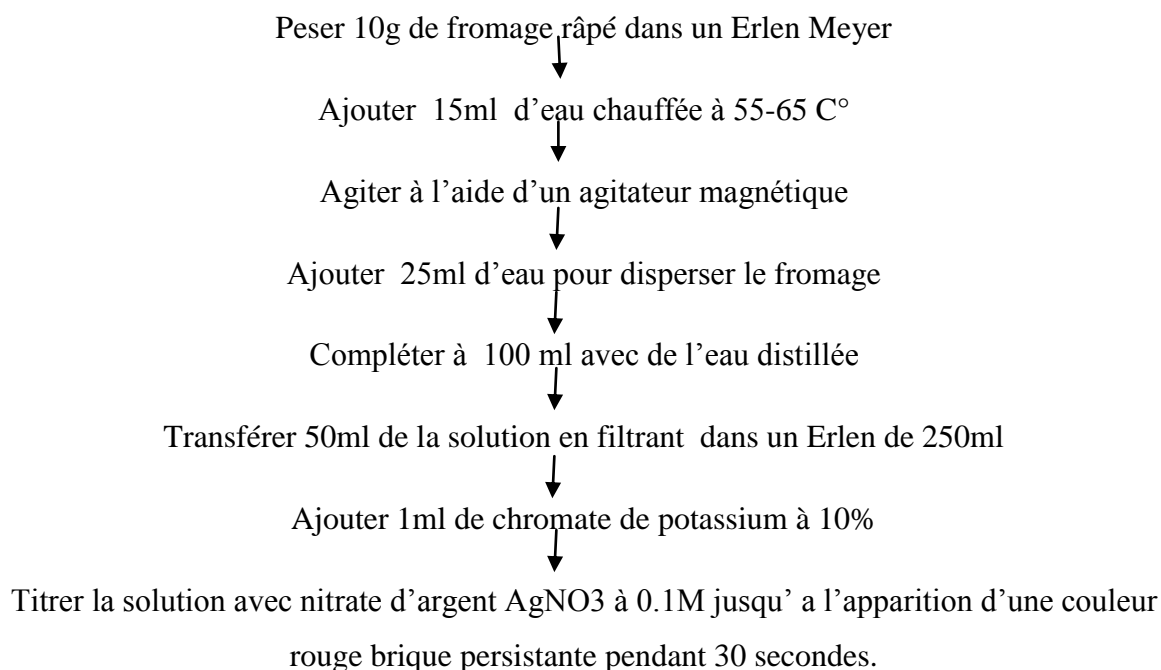
C'est la teneur en chlorures de sodium (NaCl), déterminée par potentiomètre.

#### Principe

Les chlorures sont dosés par une solution de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de réaction est indiquée par l'apparition de la coloration rouge brique.

#### Mode opératoire :

Dosage du NaCl par la titration de Mohr (Ecrire Référence de Nielson):



#### Expression des résultats :

La teneur en sel est calculée de la manière suivante :

$$Ts\% = \frac{N \times V \times Eq. NaCl/100}{P} \times 100/10$$

Où :

**Ts** : Teneur en sel exprimée en % ;

**N** : Normalité d'AgNO<sub>3</sub> (0.1N) ;

**V (ml)** : Volume en ml d'AgNO<sub>3</sub> utilisé pour le titrage ;

**Eq.g (Na Cl)** : Equivalent grammes de NaCl égal à 58.5 ;

**P**: Prise d'essai en g.

### 2.2.3. Détermination du pH de la phase aqueuse par la méthode potentiométrique:

Le pH est mesuré par la méthode potentiométrique à l'aide d'un pH mètre.

#### Le principe :

Le pH est déterminé par immersion de l'électrode du pH mètre dans l'échantillon. Le correcteur de température du pH mètre est réglé à celle du produit, l'électrode en verre et d'abord étalonnée dans deux (2) solutions tampon (l'une à pH=4 et l'autre à un pH=7).

#### Mode opératoire :

Etalonner le pH mètre par l'eau distillée à pH=7



Introduire les électrodes dans la phase aqueuse à la température de mesure



Lorsque la lecture devient constante, lire la valeur du pH indiqués par le pH mètre à 0.01 unités de pH près, sur l'échelle de l'instrument

#### Expression des résultats :

La valeur du pH est lue directement sur l'écran du pH mètre.

### 2.2.4. Détermination du taux de cendres :

#### Principe :

Le principe repose sur l'incinération du produit dans une atmosphère oxydante à une température de 550°C jusqu'à combustion complète de la matière organique (**Norme AFNOR, 1981**).

**Mode opératoire :**

Peser un creuset vide à l'aide d'une balance de précision



Peser 5g d'échantillon dans un creuset



Mettre dans un four à une température de 550 °C pendant 4 heures



Transférer les creusets contenant les cendres dans un dessiccateur puis peser avec une balance de précision à 0.001g

**Expression des résultats :**

Le calcul du taux de cendres se fait alors comme suit :

$$\text{TC}\% = \frac{P_2 - P_0}{P_1 - P_0} \times 100$$

Où :

$P_0$  = Poids du creuset vide ;

$P_1$  = Poids du creuset + échantillon séché à l'étuve 105°C ;

$P_2$  = Poids du creuset + résidu calciné.

**2.2.5. Détermination des indices de qualité :****2.2.5.1. Détermination d'acidité :****Principe :**

L'acidité est le pourcentage d'acides gras libres exprimé conventionnellement en acide palmitique pour l'huile de palme et en acide oléique pour la majeure partie des huiles. Sa détermination est basée sur la neutralisation des acides libres par une solution de KOH à chaud en présence de phénophtaléine comme indicateur coloré

**Mode opératoire :**

Préparer dans un Erlen-Meyer une solution de 75 ml d'alcool neutralisée (éthanol+quelques gouttes de phénolphtaléine qui est un indicateur coloré, titrer le NaOH jusqu'à apparition d'une coloration rose)



Ajouter 10g de l'échantillon à analyser



Faire dissoudre en portant sur une plaque chauffante



Procéder à un deuxième titrage des AGL par Na OH à 0.1N jusqu'à apparition de la couleur rose persistante (10 secondes)



Noter la chute de la burette.

**Expression résultats :**

L'acidité du corps gras est déterminée comme suit :

$$A(\%) = \frac{M \times N \times V}{p \times 10}$$

Où :

**M** : Masse molaire d'acide oléique = 282g/mol ;

**N** : Normalité de NaOH à 0.1N ;

**P** : Poids de la prise d'essai ;

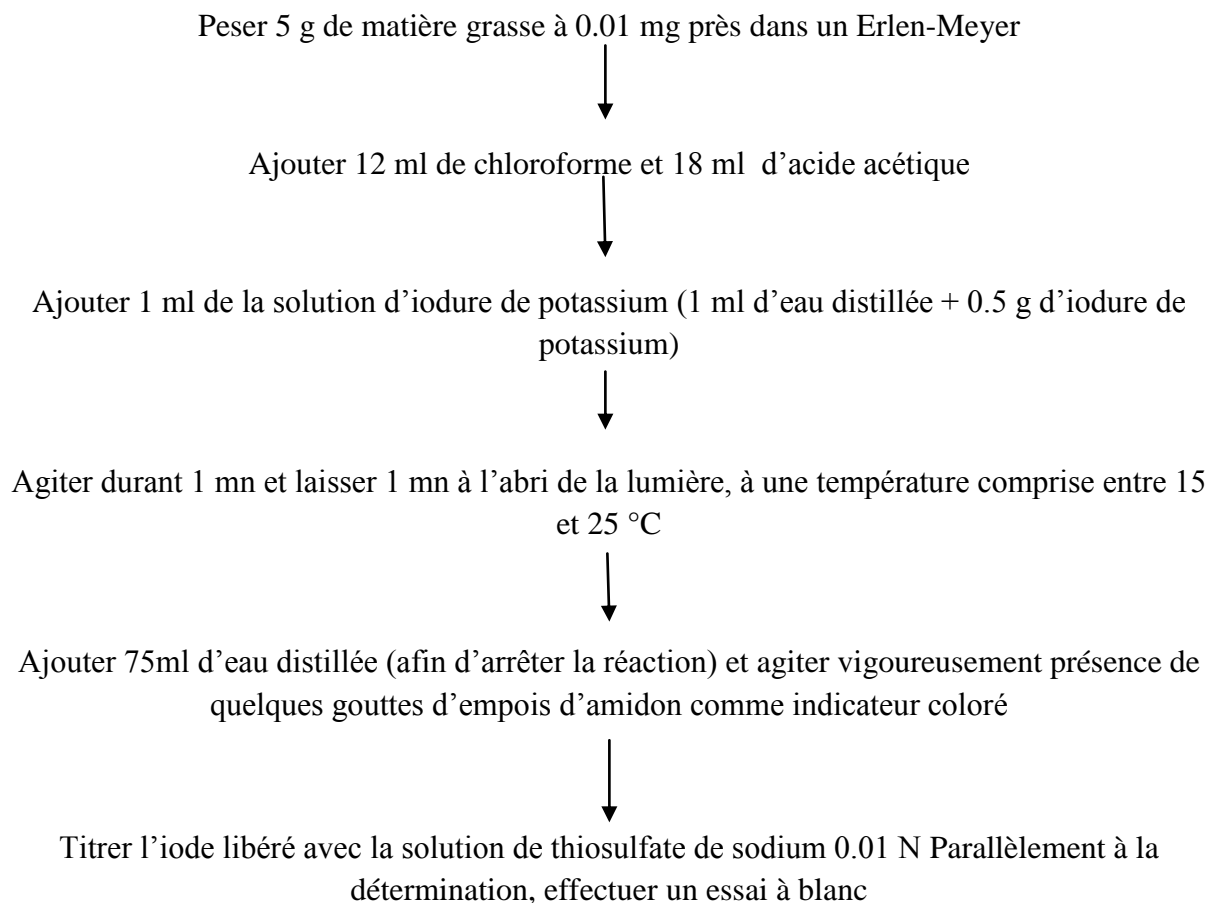
**V** : Volume de NaOH utilisé pour le titrage.

**2.2.5.2. Détermination de l'indice de peroxyde (A.F.N.O.R; NF T60-220, 1988) :**

C'est la quantité de substances de l'échantillon qui oxydent l'iodure de potassium. L'indice de peroxyde est généralement exprimé en milliéquivalents (méq) d'oxygène actif par kilogramme d'échantillon.

**Le principe :**

La matière grasse est traitée en solution, dans de l'acide acétique et du chloroforme, par une solution d'iodure de potassium (KI). Par la suite l'iode libéré est titré par une solution de thiosulfate de sodium ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) à (0.01N) en présence d'une solution d'amidon comme **indicateur coloré**.

**Mode opératoire :****Expression résultats :**

La valeur de l'indice de peroxyde est déterminée par la formule suivante :

$$I_p = \frac{V - V_0 \times N}{P} \times 1000$$

Où :

**I<sub>p</sub>** : Indice de peroxyde ;

**V** : Volume de thiosulfate de Na de l'échantillon ;

**V<sub>0</sub>** : Volume requis pour titrer le blanc ;

**N** : La normalité de thiosulfate de sodium 0.01 N ;

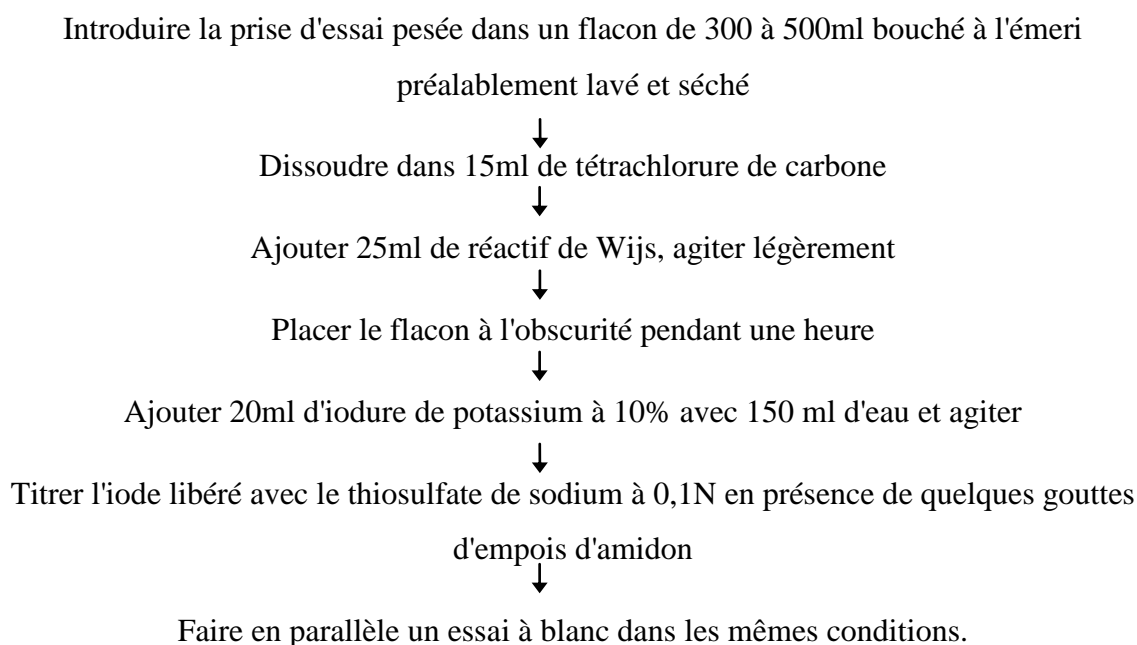
**P** : La prise d'essai en grammes.

### 2.2.5.3. Détermination d'indice d'iode (NE. 1. 2. 96, 1988) :

#### Choix de la méthode :

La méthode de Wijs est certainement la plus utilisée (possibilité de trouver dans le commerce du réactif prêt à l'emploi).

#### Mode opératoire :



#### Expression de résultat :

Le calcul de l'indice d'iode est donné par la formule suivante :

$$I_i = \frac{(V_0 - V) \times N \times 12.96}{p}$$

Où :

**Ii** : Indice d'iode ;

**V0** : Volume de thiosulfate de sodium utilisé pour l'essai à blanc en ml ;

**V** : Volume de thiosulfate de sodium utilisé pour titrer l'excès d'iode en ml ;

**N** : Normalité de thiosulfate de sodium 0.1N;

**12,69** : Masse d'iode correspondant à 1ml de thiosulfate de sodium pour 100g de corps gras.

### 2.2.6. Détermination de la Teneur en matière grasse :

#### Choix de la méthode :

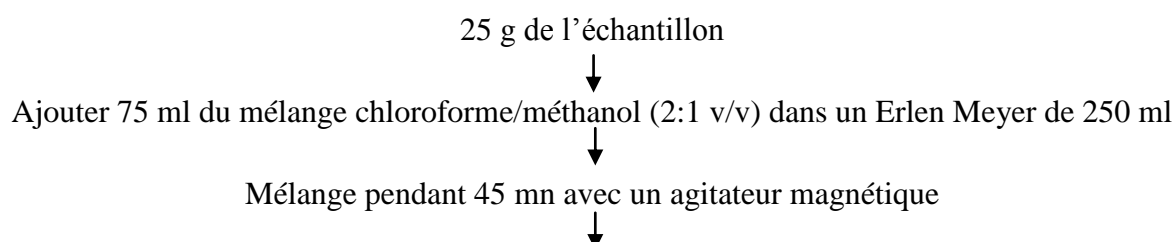
L'extraction dans le chloroforme-méthanol est bien connue (méthode de Folch). Cette méthode a été choisie en raison de ses douces conditions de travail (ni chaleur ni pression élevées), ce qui évite d'éventuelles modifications de la matière grasse extraite. De nombreux auteurs ont également opté pour cette méthode (Tavella et *al.* 2000 ; Martin et *al.* 2005 ; Priego-Capote et *al.* 2007 ; Greenfield et southgate, 2007).

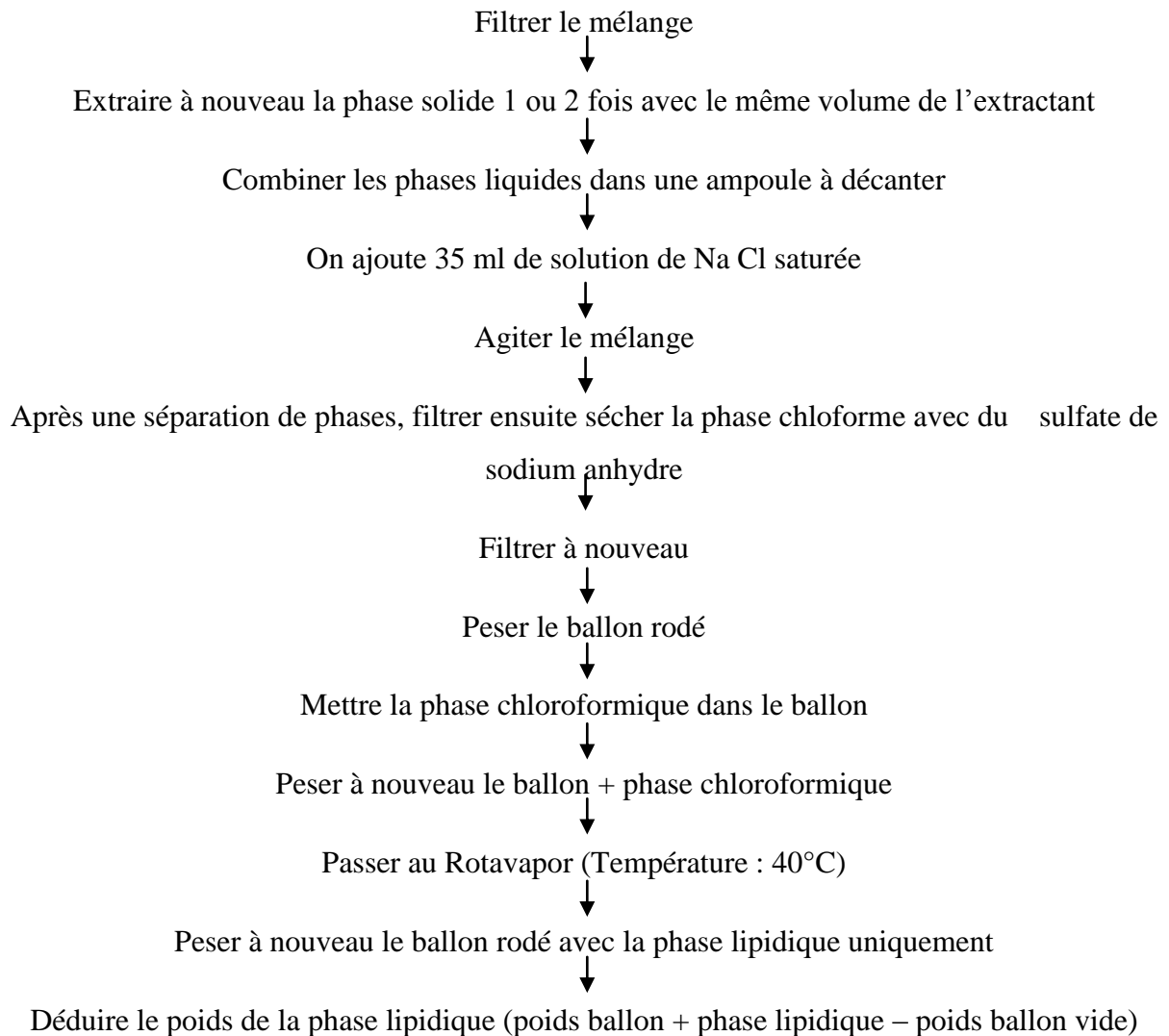
#### Principe :

Elle combine la capacité de pénétration de l'alcool dans les tissus avec le pouvoir dissolvant du chloroforme pour les lipides. Cette méthode d'extraction est préférable quand l'extrait est utilisé pour mesurer les acides gras. La méthode est efficace pour les aliments complexes et fait partie des méthodes officielles AOAC (Greenfield et southgate , 2007).

#### Protocole :

Nous avons suivi le protocole expérimental appliqué par plusieurs auteurs (Parcerisa et *al.* 1999 ; Priego-Capote et *al.* 2007) et dont voici les différentes étapes :



**Expression des résultats :**

$$\text{MG}\% = \frac{M_1 - M_2}{P} \times 100$$

Où :

**MG%** : Teneur en matière grasse (%);

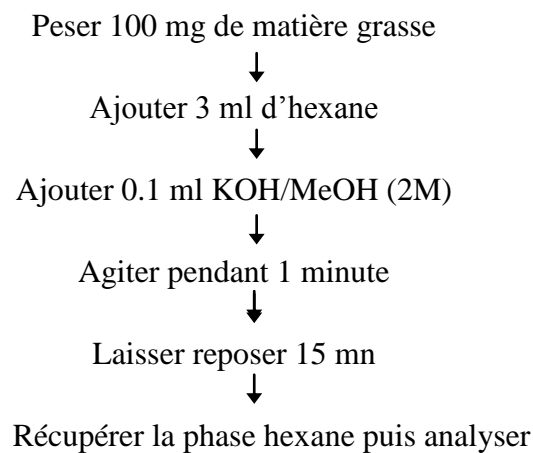
**M<sub>1</sub>** : Poids du ballon + la phase lipidique ;

**M<sub>2</sub>** : Poids du ballon vide ;

**P** : Prise d'essai en gramme.

**2.2.7. Détermination de la composition en acides gras :****Préparation des esters méthyliques d'acides gras (EMAG/FAME) :**

Le protocole expérimental suivi est celui utilisé par Alonso, Fraga, & Juarez, 2000 et Vesna Vucic, 2015.

**Protocole expérimental****2.2.8. Analyse des esters méthyliques d'acides gras par chromatographie en phase gazeuse (CPG) :**

Les conditions opératoires appliquées pour l'analyse des esters méthyliques sont comme suit :

<b>Chromatographe</b>	Chromopack CP 9002
Détecteur	FID
Injecteur	SPLIT 1/100
Gaz vecteur	Azote
<b>Colonne capillaire</b>	DB 23 (50% cyanopopyl)
Longueur	30 m
Diamètre intérieur	0,32 mm
Epaisseur	0,25 $\mu\text{m}$
<b>Températures</b>	
Injecteur	250 °C
Détecteur	250 °C
Four	150 °C-----240 °C à 5°C/min
Quantité injectée	1 $\mu\text{l}$
Vitesse du papier	0,5 cm/mn

Les acides gras sont identifiés par leurs temps de rétention en comparaison à un chromatogramme de référence d'un mélange standard d'esters méthyliques de composition et concentration connues. Le mélange de standards utilisé contient 28 composés, allant du C4:0 methyl butyrate au C22:6 methyl docosahexaenoate. La teneur en acide gras est exprimée en pourcentage des acides gras totaux.

## *Chapitre III :*

### *Résultats et discussions*

### 1. La teneur en eau :

Le tableau III montre que les valeurs de la teneur en eau des trois échantillons analysés, sont inférieures à celles trouvées par d'autres auteurs. Selon Guinée et *al.*, 2000, les variations de la teneur en eau entre différents fromages analogues suggère des formulations différentes lors de la fabrication.

Selon Hennelly et *al.*, 2005, parallèlement à l'augmentation de la teneur en eau des fromages analogues, il y a une diminution de la teneur en protéines, lipides, et cendres ainsi qu'une diminution de la dureté du fromage. En effet, l'échantillon FA3 ayant la plus faible teneur en eau, se présente en un bloc plus dur que FA1 et FA2

**Tableau III :** Comparaison entre les résultats de la teneur en eau des échantillons analysés et ceux trouvés par d'autres auteurs

	Echantillons analysés			Résultats trouvés par d'autres auteurs		
	FA1	FA2	FA3	Jana et <i>al.</i> , 2015	Hjalmarson, 2015	Fox et <i>al.</i> , 2000
Teneur en eau %	35,13	34,37	30,11	44,45-47,43	39,1-44,07	48,8

### 2. Teneur en NaCl :

Le rôle principal du NaCl dans le fromage est d'agir comme un agent de conservation en raison de sa capacité à réduire l'activité de l'eau et d'inhiber la germination des spores microbiennes par les ions chlore. En outre, le NaCl contribue à l'amélioration de la saveur en agissant comme exhausteur de goût (El-Bakry et *al.*, 2011).

D'un point de vue nutritionnel, les régimes alimentaires occidentaux, composés en grande partie de produits industriels transformés, ont environ trois fois plus de sodium que nécessaire et ce niveau de consommation excessive est considéré comme l'une des principales causes d'accidents vasculaires cérébraux et d'hypertension (Taormina, 2010). Par conséquent, au cours des dernières années, une tendance a émergé pour réduire le sodium dans les aliments transformés, y compris l'imitation de fromage. Le NaCl et les sels de fonte sont des

sources de sodium ajouté, avec une contribution du NaCl à une hauteur de 60% dans le sodium total (El-Bakry et *al.*, 2011).

Les teneurs en sel des fromages analogues FA1 et FA2 sont inférieures à celles trouvées par d'autres auteurs (Tableau VI). Par contre, la teneur en sel de FA3 est proche des valeurs limites inférieures.

**Tableau VI :** Comparaison entre les résultats des échantillons analysés et ceux trouvés par d'autres auteurs

	Echantillons analysés			Résultats trouvés par d'autres auteurs	
	FA1	FA2	FA3	Jana et <i>al.</i> , 2015	Hjalmarson, 2015
<b>Teneur en NaCl %</b>	0,71	0,79	1,16	1,18-1,24	1,17-1,70

Selon El-Bakry et *al.*, 2011, une réduction de la concentration en NaCl de 1,5 à 0,75% induit une augmentation de la dureté du fromage. Ceci pourrait expliquer le fait que FA3 soit plus dur que les 2 autres échantillons analysés.

### 3. pH :

Le pH est de 5.65 et 5.88 pour FA2 et FA3 respectivement. Ces valeurs sont comparables à celle trouvées par d'autres auteurs (Tableau IV). Le pH de FA1 qui est de 4.52 est inférieur à toutes les valeurs trouvées par les différents auteurs.

**Tableau IV :** Comparaison entre les résultats du pH des échantillons analysés et ceux trouvés par d'autres auteurs

	Echantillons analysées			Résultats trouvés par d'autres auteurs		
	FA1	FA2	FA3	Jana et <i>al.</i> , 2015	Hjalmarson, 2015	Fox et <i>al.</i> , 2000
<b>pH</b>	4,52	5,65	5,88	5,48-5,59	5,36-5,48	6,1

A la fin de la fabrication du fromage analogue, des acidifiants sont ajoutés à l'instar de l'acide citrique SIN 330 dans le but d'ajuster le pH et pour une meilleure stabilité du produit.

Le pH optimal des fromages analogues est compris entre 5,9 et 6,1. A des valeurs de pH < 5, le fromage devient dur. Par contre, à pH > 6, le pH devient mou et microbiologiquement dangereux (Bouraoui, 2014).

#### 4. Taux de cendres :

Le tableau V montre que les valeurs du taux de cendres obtenues sont inférieures à celles trouvées par d'autres auteurs, notamment dans le cas du FA1.

**Tableau V:** Comparaison entre les résultats de taux de cendre des échantillons analysés et ceux trouvés par d'autres auteurs

	Echantillons analysées			Résultats trouvés par d'autres auteurs	
	FA1	FA2	FA3	Jana <i>et al.</i> , 2015	Fox <i>et al.</i> , 2000
<b>Taux de cendres (%)</b>	0,3	2,45	2,14	5,54-5,89	4,2

Les cendres sont composées principalement des minéraux provenant des matières premières laitières et des poudres telles que les sels de fonte ; on retrouve le calcium, le phosphore, le potassium, le chlore, le sodium, le magnésium et le sel de table (Chemache, 2011).

Les faibles taux de cendres obtenus pourraient donc signifier que les produits analysés ne contiennent pas de matière première laitière. Ceci est en corrélation avec le profil en acides gras discuté ultérieurement.

#### 5. Les indices de qualité de la matière grasse

##### 5.1. Acidité :

L'hydrolyse des corps gras, qu'elle soit d'origine enzymatique ou chimique, conduit à l'apparition d'acides gras libres et de glycérides partiels : monoglycérides et diglycérides. La mesure de l'acidité libre constitue, de ce fait, un des bons moyens pour déterminer l'altération du corps gras par hydrolyse (Perrin, 1992).

**Tableau IV :** Comparaison entre les résultats des échantillons analysés et ceux trouvés par d'autres auteurs

	Echantillons analysés			Résultats trouvés par d'autres auteurs
	FA1	FA2	FA3	Cunha et <i>al.</i> , 2010
<b>Acidité %</b>	1,73	7,33	0,73	0,36-0,38

L'acidité des échantillons analysés est supérieure aux valeurs trouvées par Cunha et *al.*, 2010. Elles sont également supérieures à la valeur préconisée par Karleskind, 1992 qui est de 0,2%. Si l'échantillon FA2 présente une acidité aussi élevée (7,33%), ça serait à cause d'une acidification lors du stockage due à une contamination microbienne (développement de moisissures).

## 5.2 Indice de peroxyde

La concentration en peroxydes, habituellement exprimée en indice de peroxyde, est une mesure de l'oxydation ou du rancissement à ses premières étapes. L'indice de peroxyde est un des tests chimiques les plus couramment utilisés pour la détermination de la qualité des graisses et des huiles (O'Brien, 2004).

**Tableau X:** Comparaison entre les résultats des échantillons analysés et ceux trouvés par d'autres auteurs

	Echantillons analysés		
	FA1	FA2	FA3
<b>Indice de peroxyde mégO<sub>2</sub>/Kg</b>	1,2	2,4	2

Les indices de peroxyde obtenus (tableau X) sont inférieurs aux normes NE fixées à 5 még d'O<sub>2</sub>/Kg (Karleskind, 1992).

### 5.3 Indice d'iode :

**Tableau XI :** Comparaison entre les résultats des échantillons analysés et ceux trouvés par d'autres auteurs

	Echantillons analysés		
	FA1	FA2	FA3
<b>Indice d'iode g d'I<sub>2</sub>/100g</b>	16,2	15,77	12,01

Les valeurs d'indice d'iode obtenues sont très faibles, ce qui signifie que les matières grasses utilisées lors de la formulation du fromage analogue sont saturées. En effet, plus l'huile est insaturée, plus l'indice d'iode sera élevé (O'Brien, 2004).

### 6. Teneur en matière grasse :

Au cours des dernières années, les consommateurs sont devenus de plus en plus conscients de l'importance de maintenir une nutrition adéquate. Une approche serait de formuler des aliments avec des ingrédients qui aident à faire baisser les risques pour la santé. Avec cet objectif, des produits, tels que le fromage, ont été mis au point dans lesquels les graisses saturées laitières ont été remplacées par des graisses et huiles végétales (Erickson & Frey, 1994).

La composition et les propriétés fonctionnelles des matières grasses végétales varient naturellement. Ainsi, une matière grasse avec un degré d'insaturation élevé est moins solide à température ambiante qu'une matière grasse avec un faible taux d'insaturation. En outre, la matière grasse végétale peut être encore plus diversifiée par des procédés industriels qui modifient sa composition. En raison de la grande variation des matières grasses végétales, leurs applications dans le fromage donnent lieu à différentes propriétés (Wennermark et al., 2014).

Substituer la matière grasse laitière avec de la graisse végétale modifie le profil nutritionnel du fromage. Le fromage devient moins riche en cholestérol et la composition en acides gras saturés et insaturés changent.

Substituer la matière grasse du lait avec de la graisse végétale aura un effet sur le rendement et les propriétés fonctionnelles. Les matières grasses ayant des points de fusion plus élevés sont supposées avoir des globules gras plus rigides en raison de leur plus grande quantité d'acides gras saturés. Cela rendra la formation d'un bon réseau de caséine plus difficile.

Selon Dinkçi et *al.*, 2011, en remplaçant la matière grasse du lait avec de la graisse végétale, la composition des autres constituants ne sera pas affectée de manière significative. Cependant, la répartition des globules gras dans la matrice de la caséine est affectée. Le fromage produit avec de la graisse végétale au lieu de la matière grasse laitière montre un réseau plus compact. Les globules de matière grasse végétale sont plus petits et plus uniformes. Selon Everett et Auty, 2008, ceci est expliqué par le fait que l'homogénéisation du fromage à base de matière grasse végétale crée de plus petits globules gras, qui sont plus uniformément dispersés, résultant en un réseau plus compact.

**Tableau VII :** Comparaison entre les résultats des échantillons analysés et ceux trouvés par d'autres auteurs

	Echantillons analysés			Résultats trouvés par d'autres auteurs		
	FA1	FA2	FA3	Jana et <i>al.</i> , 2015	Hjalmarson, 2015	Fox et <i>al.</i> , 2000
<b>Teneur en matière grasse (%)</b>	25,76	29,72	35,16	19,5-21,79	24,73-28,13	25

La teneur en matière grasse (MG) du fromage analogue FA1 est comparable à celles trouvées par d'autres auteurs (tableau VII). La teneur en MG de FA2 est proche de la limite supérieure des valeurs trouvées par Hjalmarson, 2015. Par contre, la teneur en MG de FA3 est bien plus élevée (35,16%).

Sachant que les fromages analogues analysés (FA) dans cette présente étude sont destinés à être râpés sur les pizzas vendues au niveau des fast-food ou pizzeria et considérant qu'une quantité d'environ 150g de fromage analogue est utilisée sur chaque pizza, nous avons établi le tableau VIII.

**Tableau VIII** : Apport énergétique lipidique du FA râpé sur une

	<b>Echantillons analysés</b>		
	<b>FA1</b>	<b>FA2</b>	<b>FA3</b>
<b>Quantité de MG (g)</b>	38,64	44,58	52,74
<b>Nombre de Kcal</b>	347,76	401,22	474,66
<b>AE/AET (%)</b>	17,39	20,06	23,73

Selon Astrog *et al.*, 2011, l'apport énergétique lipidique doit se situer entre 20 et 30% par rapport à l'apport énergétique total. Nos estimations montrent que la consommation d'une pizza équivaut à un apport énergétique lipidique de 17,39%, 20,06% et 23,73% dans le cas de l'utilisation de FA1, FA2 et FA3 respectivement. On peut alors avancer que le fromage râpé sur la pizza couvre à lui seul l'apport énergétique lipidique journalier.

### 7. Profil en acides gras

La teneur en acides gras saturés et insaturés influence les propriétés structurales des globules gras. Ceci est expliqué par le fait que les acides gras insaturés sont constitués d'au moins une double liaison, et ont donc une structure plus flexible que les acides gras saturés, sans doubles liaisons et d'une structure plus rigide.

Une plus grande quantité d'acides gras insaturés se traduira par une structure plus souple du globule gras. Une structure plus molle ou plus dure du globule aura probablement un effet sur la structure du produit final (Michalski *et al.*, 2007).

**Tableau XII :** Composition en acides gras (en % des esters méthyliques d'acides gras totaux) des analogues de fromage

Acides gras	Fromage Analogue		Huile de palme (Codex Stan, 1999)
	FA1	FA2	
<b>C12:0</b>	0,15	0,00	ND-0,5
<b>C14:0</b>	0,95	0,85	0,5-2
<b>C16:0</b>	44,21	43,57	39,3-47,5
<b>C16:1</b>	0,13	0,14	ND-0,6
<b>C18:0</b>	4,12	4,19	3,5-6
<b>C18:1</b>	39,81	40,22	36-44
<b>C18:2</b>	9,37	9,80	9-12
<b>C18:3</b>	0,20	0,36	ND-0,5
<b>C20:0</b>	0,38	0,36	ND-1
<b>C20:1</b>	0,16	0,16	ND-0,4

Le profil en acides gras des fromages analogues FA1 et FA2 montre très clairement que c'est l'huile de palme qui a été utilisée lors de la formulation des fromages analogues FA1 et FA2 analysés. Aucune matière grasse laitière n'a été utilisée étant donné l'absence des acides gras à courte chaîne.

L'huile de palme est extraite de la pulpe du fruit du palmier à huile. Elle est devenue l'huile végétale la plus consommée et la principale source de matières grasses dans le monde, et sa production ne fait qu'augmenter.

L'huile de palme est riche en AGS athérogènes (AGS-ath > 40 %). Cette huile est largement incorporée dans de nombreux aliments et préparations. Sa consommation, qui a considérablement augmenté dans nos pays au cours des dernières années, contribue à un apport en AGS-ath comparable à celui des matières grasses laitières. Une réduction d'apport en AGS-ath ( $\leq 8$  % des apports énergétiques totaux) peut être obtenue par une diminution de la consommation de produits riches en huile de palme, ainsi que de certaines matières grasses laitières comme le beurre et la crème fraîche.

L'huile de palme étant riche en AGS, ces propriétés la rendent intéressante pour de nombreuses applications industrielles. Cependant, une consommation abondante de certains AGS (par ordre décroissant C14:0, C12:0 et C16:0) est associée à un risque accru de pathologies cardio-vasculaires, surtout via une augmentation de la concentration plasmatique de LDL-cholestérol et du rapport cholestérol total/HDL-cholestérol. Nous nous réfèrerons à ces AGS comme athérogènes (AGS-ath), et les différencierons d'autres acides gras saturés comme l'acide stéarique (C18:0), ou les acides gras à chaînes moyennes et courtes ( $\leq 10$  atomes de carbone) qui n'ont pas de potentiel athérogène. Les AGS n'étant pas indispensables, il n'existe pas pour ceux-ci d'apports nutritionnels conseillés (ANC). Par contre, le récent rapport de l'ANSES (2011) recommande que l'apport des AGS-ath soit limité à  $\leq 8\%$  des apports énergétiques totaux. Pour un homme de 80 kg et une femme de 65 kg ayant une activité physique modérée (dépenses énergétiques estimées à 2.400 et 1.820 kcal/j, respectivement), ceci correspond à des apports d'AGS-ath  $\leq 21$  g/j et  $\leq 16$  g/j, respectivement (CSA, 2013).

## *Conclusion*

## **Conclusion :**

Les fromages analogues sont généralement définis comme des produits obtenus par le mélange de différents constituants incluant des matières grasses et/ou des protéines d'origine non laitière. Leur intérêt majeur à l'heure actuelle est sans aucun doute dans la réduction des coûts des fabricants de pizza. Toutefois, l'industrie laitière ne doit pas faire preuve de complaisance en donnant des options attrayantes pour les formulateurs de produits alimentaires tout en disant que les matières grasses utilisées offrent une alternative pour une meilleure consommation végétarienne avec moins de matière grasse totale et de cholestérol. Sur la base des résultats obtenus, les fromages analogues sont complètement dépourvus de produit laitier, ils sont composés de matière grasse végétal, sel de fonte et quelques arômes pour atteindre le goût et la saveur du fromage naturel.

Avec la présence de tels ingrédients les fromages analogues peuvent causer des problèmes sanitaires, les matières grasses végétales utilisées sont composées d'acides gras saturés. Ces dernières sont impliquées dans l'augmentation du risque de maladies cardiovasculaire.

A cet effet des efforts doivent être fournis pour veiller à ce que l'apparition de produits d'imitation ne donne pas une impression trompeuse pour le consommateur. Les autorités de réglementation doivent rédiger des lois spécifiques concernant les ingrédients de formulation de fromage analogue, il y a un besoin fort pour un étiquetage clair et une meilleure sensibilisation du consommateur.

## Références bibliographiques.

---

### A

Ahmed N. S., Hassan F. A. M., Salama F. M. M., & Enb A. K. M., 1995. Utilization of plant proteins in the manufacture of cheese analogs. *Egyptian Journal of Food Science*, 23, 37–45.

In , Bachmann H-P., 2001. Cheese analogues: a review. *International Dairy Journal*, vol. 11, p. 505-515.

Alonso, Fraga, & Juarez, 2000. Determination of fat and fat profiles in margarines marketed in Spain.

Anses-agence, 2011. Actualisation des apports nutritionnels conseillés pour les acides gras. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation.

Arellano-gomez L.A., Lobato-calleros C., Aguirre-mandujano E., Lobato-calleros M.O., 1996. Effect of using different fats in the microstructure and texture characteristics of cheese analogs. *Dairy technologie*. 56: 9-14.

Asper D., 1980. Physicochemical and rheological properties of block-type processed cheese analogue made from rennet casein and total milk protein. *Dairy science*. 51: 684-687.

Astorg P-O, Bougnoux P., Calvarin J., Chalon S., Dallongeville J., Dumas C., Friocourt P., Gerber M., Guesnet P., Kalonji E., Lapillonne A., Morise A., Lecerf J-M., Margaritis I., Moulin P., Pieroni G., Legrand P., 2011. Actualisation des apports nutritionnels conseillés pour les acides gras. Rapport d'expertise collective. Anses, pp 1-327.

### B

Bachmann H-P., 2001. Cheese analogues: a review. *International Dairy Journal*, vol. 11, p. 505-515.

Bachmann H.P., 2000. Cheese analogues: a review. *Dairy journal*, vol. 11, p. 505–515.

Berger W., Klostermeyer H., Merkenich K., Uhlmann G., 1993. Volatile compounds of Swiss.

Berger W., Klostermeyer H., Merkenich K. & Uhlmann G., 1989. *Processed cheese manufacture: a joha guide*. bk ladenburg, Ladenburg.

## Références bibliographiques.

---

Bouhadjar, 2011. Etude de l'effet des antioxydants naturels et des synthèses sur la sensibilité oxydative de l'huile d'olive vierge. Thèse magister, Tizi-Ouzou, université mouloud mammeri, p122. Processed cheeses. *Dairy science*. 89 :625-638.

Bouraoui A., 2014. Intérêt de fabrication de fromage analogue. pp : 96-97.

### C

Chavan R., Jana A., 2007. Cheese substitutes: an alternative to natural cheese - A review. *Int J Food Sci Technol Nutr* 2(2): 25-39.

Chen S.I., wan P.J., Rhee K.C., 1979. Utilization of peanut protein and oil in cheese analogue. *Food technology*. 37: 88-93.

Codex (1999). Codex Standard for Milkfat Products. Codex Stan 280-1973, formerly codex Stan a-2-1973. Adopted in 1973. revision 1973. Amendment 2006, 2010.

CSA, 2013. La problématique des acides gras altéragènes et de l'huile de palme. Publication du conseil supérieur de la sante N° 8464.

Cuvelier ; Cabaraux J.F., 2004. Acide gras : Nomenclature et sources alimentaires. Formats pdf, (<http://www.facmv.ulg.ac.be/amv/articles/2004-148-3-03.pdf>).

### D

Dieffenbacher A ; Buxtorf U; Derungs R; Friedli R; Grob K; Zurcher K., 2000. Graisses comestibles, huiles comestibles et graisses émulsionnées. In : Manuel suisse des denrées alimentaires. edition : martin, genève.

Dinkçi N., kesenkaş H., Seçkin A.K., Kınık O. & Gönç S., 2011. Influence of a vegetable fat blend on the texture, microstructure and sensory properties of kashar cheese. *Grasas y aceites*, 62(3). Dupin h, 1992 .alimentation et nutrition humaines, publié par E S F editeur.

## Références bibliographiques.

---

### E

El-bakry M., Duggan E., O'riordan E. D., & O'sullivan M., (2011). Effect of chelating salt type on casein hydration and fat emulsification during manufacture and functionality of imitation cheese. *Journal of food engineering*, 102, 145–s153.

Engel, M. E. (1992). Process for producing synthetic cheese. United States Patent, 5.098.729 (pp. 1–8).

Erickson M.D. & Frey N., 1994. Property-enhanced oils in food applications. *Food technology*, 48(11), pp. 63-68.

Everett D.W. & Auty M.A.E. (2008). Cheese structure and current methods of analysis. *International dairy journal*, 18(7), pp. 759-773.

### F

FAO. Commission Codex Alimentarius, 2004. Programme Mixte Fao/oms sur les normes alimentaires comité du codex sur le lait et les produits laitiers. Sixième Session, Auckland.

FDA, 2003. Food and Drugs Administration Regulation 101.

Fox P.F., Guinee T.R., Cogan T.M., Sweeney P.L., 2000. *Fundamentals of Cheese Science*, An Asen publication, volume 23, 3ème édition, p 445 - 450.

François R, 1974. *Les industries des corps gras : Biochimie extraction, raffinage, nuisances et réglementation*. Ed : Lavoisier, paris; ISBN: 2880200075.

### G

Greenfield H., Southgate D.A.T., 2007. *Données sur la composition des aliments production, gestion et utilisation*. Seconde édition. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

## Références bibliographiques.

---

Guinee T. P., 2016. Protein in cheese products: structure-function relationships. In P. L. H.

Guinee TP., Caric M and Kalabm., 2004. Pasteurized Processed Cheese and Substitute/Imitation Cheese Products. In: Cheese - Chemistry, Physics and Microbiology, Vol. 2. Major cheese groups. Fox PF, Mc Sweeney PLH, Cogan TM and Guinee TP (Eds.), Elsevier Academic Press, London. pp. 349-394.32.

Guinee TP, Auty MAE, Mullins C, Corcoran MO and Mulholland EO., 2000. Preliminary observations on effects of fat content and degree of fat emulsification on the structurefunctional relationship of cheddar type cheese. J. Text. Studies 31: 645-663.

### *H*

Hennelly P. J., dunne P.G., O'sullivan M., O'riordan D., 2005. Increasing the moisture content of imitation cheese: effects on texture, Rheology and Microstructure . EUR Food RES Technol . PP: 415-420.

Hjalmarsson M., 2015. The effect of vegetable fat on cheese yield and cheese properties. Sveriges lantbruksuniversite Swedish university of sciences.

Horne DS., 1998. Casein interactions, Casting light on the black boxes, the structure in dairy products. International Journal Dairy. 8: 171-177.

### *J*

Jammes C., 2007. Co-valorisation d'effluents grassex et de résidus lignocellulosiques : déshydratation mécanique et compostage, thèse doctorat, *université de limoge*, France.

Jana B., Camigava M., Duckova V., Krocko M., Kocakova R., 2015. The quality of processed cheese and cheese analogue the some brand domestic and foriegn production. Potravinstva scientific journal for food industry. PP: 247-251.

## Références bibliographiques.

---

Jana H., Shaha R., Apornathi KD., Padhiyar D., 2015. Influence of rennet casein levels on the chemical, backing and sensory quality of mozzarella cheese analogue. *Journal of dairy, veterinary & animal research*.

Jeantet; Brule G; Croguennec T; Schuck P., 2006. *Science des aliments: biochimie-microbiologie-procede-produits*. tom1. Edition : tech et doc, lavoisier, Paris .PP :95-120.

Toutou Y., 2005. *Biochimie*.

### K

Karahadian C., 1984. *Technological aspect of reduced-sodium process American cheese*, volume 3, 2<sup>ème</sup> édition, P32.

Karleskind A., 1992. *TL ,principaux constituants chimiques des corps gras, propriétés chimiques des corps gras in manuel des corps gras*. Ed lavoisier: 95p, 358p.

Kong-chan J. L. Y., Hellyer J. A., & Tafuri, M. W., 1991. *Simulated cheese products with reduced animal fat and calories*. United States Patent, 5.061.503, pp. 1–14).

### L

Lamarache B., Couture P., 2014. *It is time to revisit current dietary recommendations for saturated fat*.

Larguier G ; Noel P., 1978. *Glucides et lipides*. Ed marketing, groupe sigma.

Lobato-calleros C., Vernon-carter E. J., Guerrero-legarreta I., Soriano-santos J., Escalon Beundia H., 1997. *Use of fat blends in cheese analogues: influence on sensory and instrumental textural characteristics*. *Journal of texture studies*. 28: 619-632.

### M

Marshall R.J., 1990. *Composition, structure, rheological properties and sensory texture of processed cheese analogues*. *Journal of science and food agriculture*. 50:237-252

## Références bibliographiques.

---

Martin C.A., Carapelli R., Visantainer J.V., Matsushita M., Evelazio de Souza N., 2005. Transfattyacid content of brazilian biscuits. *Food chemistry* 93, pp 445–448.

McNutt K., 1989. Cheese analogs. *Food Engineering*, 61, 76–79.

Monsey JS, O'riordan ED., 2001. Characteristics of imitation cheese containing native starches. *Journal food science*. 66: 586-591.

Mortensen H., & McCarthy J., 1991. Imitation cheese products will gain importance. *Scandinavian dairy information*, 5, 14–15. Santos B. L., Resurreccion A. V. A., & Garci V. V. (1989). Quality characteristics and consumer acceptance of a peanut-based imitation cheese spread. *Journal of food science*, 54, 468–471

Michalski M-C., Camier B., Gassi J.-Y., Briard-Bion V., Leconte N., Famelart M-H. & Lopez c., 2007. Functionality of smaller vs control native milk fat globules in emmental cheeses manufactured with adapted technologies. *Food research international*, 40(1), pp. 191-202.

### O

O'Brien R.D. 2004. *Fats and oils: formulating and processing for applications*; Ed; CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Ratona London New York. PP: 744.

### P

Parcerisa J, Codony R, Boatella J, Rafecas M., 1999. Fattyacidsincludingtrans content of commercial baker yproducts manufactured in spain. *J agric food chem*. 47(5), pp 2040- 2043.

Priego-capote F., Ruiz-jiménez J., Luque de castro M.D., 2007. Identification and quantification of transfattyacids in bakeryproducts by gaschromatography–mass spectrometry afterfoc used microwave soxhlet extraction. *Analytical, nutritional and clinicalmethods. Food chemistry* 100, pp 859–867.

### S

## Références bibliographiques.

---

Santos B. L., Resurreccion A. V. A., & Garcia V. V., 1989. Quality characteristics and consumer acceptance of a peanut-based imitation cheese spread. *Journal of food science*, 54, 468–471

Scriban R., 1988. *les industries agricoles et alimentaires, progrès des sciences et technique*. Ed tec et doc: Lavoisier

Shaw M., 1984. Cheese substitutes: threat or opportunity. *Journal of the society of dairy technology*, 37, 27–31.

Southward, 1994. Consumer and applications science section, new zealand. *Dairy research institute*. 56: 338-356.

Statista, 2015. *Statistics and facts on food and nutrition; milk and dairy products*.

### T

Taggart P., Mitchell J., 2009. Starch. In: Phillips G.O., Williams P.A. *Handbook of hydrocolloids*. Second edition, woodhead publishing limited, p. 108-141.

Taormina P.J., 2010. Implications of salt and sodium reduction on microbial food safety. *Critical reviews in food science and nutrition*, 50(3), pp: 209–227.

Tavella M., Peterson G., Espeche M., Cavallero E., Cipolla L., Perego L., Caballero B., 2000. Transfattyacid content of a selection of foods in argentina. *analytical, nutritional and clinicalmethods section. Food chemistry* 69, pp 209-213.

Toutou Y., 2005. *Biochimie : structure des glucides et lipides*. Pcem. université pierre et marie curie, faculté de médecine, Paris. P 148.

### V

Vesna vucic, 2015. *Trans fatty acid content in Serbian margarines: urgent need for legislative changes and consumer information*.

## Références bibliographiques.

---

### W

Wagner M.K., 1986. Phosphates as antibotulinal agents in cured meats, a review. *Journal of Food Protein*. 49: 482-487.

Wennermark B., Granroth B., Kruse B., Tudesjö C., Atkinson G., Bergqvist G., Malmros H., Alander J., Karlsson J., Thieme J., Johnston K., Bjornsholt K., Ingvarsson L., Håkansson M., Pedersen M., Persson M., Wennermark M., Johansson M., Hjorth M., Persson P., Shaw P., Leth Miller R., Eriksson S. & Fyke, T., 2014. *Handbook vegetable oils and fats*. 4. Ed. karlshamn: AAK .

### Z

Zwiercan AG., Lacourse NL., Lenchin JM., 1987. Imitation cheese products containing high amylose starch as total caseinate replacement. *United states patent*. 46: 95 -175.

### **Annexe I : L'Organisation mondiale de la santé (OMS) :**

Est une institution spécialisée de l'Organisation des Nations unies (ONU) pour la santé publique créée en 1948. Elle dépend directement du Conseil économique et social des Nations unies et son siège se situe à Genève en Suisse, sur la commune de Pregny-Chambésy.

Selon sa constitution, l'OMS a pour objectif d'amener tous les peuples du monde au niveau de *santé* le plus élevé possible, la *santé* étant définie dans ce même document comme un « état de complet bien-être physique, mental et social et ne consistant pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité ». Sa directrice générale actuelle est le docteur Margaret Chan depuis le 4 janvier 2007.

### **Annexe II : L'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFSSA) :**

Est un ancien établissement public français, créé en 1999, à la suite de la crise de la vache folle, dont la mission principale a été d'évaluer les risques sanitaires et nutritionnels présentés par tous les aliments, y compris l'eau, qu'ils soient destinés à l'homme ou à l'animal, dans le but d'alerter les pouvoirs publics en cas de nécessité et plus largement d'informer le public. Elle était sous l'autorité de trois ministères, de l'Agriculture, de la Santé et des consommateurs. Son budget dépendait également de ses autorités de tutelle.

### **Annexe III : L'Organisation internationale de normalisation(ISO) :**

Est un organisme de normalisation international composé de représentants d'organisations nationales de normalisation de 165 pays. Cette organisation créée en 1947 a pour but de produire des normes internationales dans les domaines industriels et commerciaux appelées normes ISO. Elles sont utiles aux organisations industrielles et économiques de tout type, aux gouvernements, aux instances de réglementation, aux dirigeants de l'économie, aux professionnels de l'évaluation de la conformité, aux fournisseurs et acheteurs de produits et de services, dans les secteurs tant public que privé et, en fin de compte, elles servent les intérêts du public en général lorsque celui-ci agit en qualité de consommateur et utilisateur.

L'ISO est le plus grand organisme de normalisation au monde. C'est une organisation non gouvernementale représentant un réseau d'instituts nationaux de 165 pays, selon le principe d'un membre par pays.

### **Annexe IV : L'article L. 121-1 et l'article R. 112-7, En droit français.**

En droit français l'article **L. 121-1** du Code de la consommation vise les pratiques commerciales trompeuses et l'**article R. 112-7**, l'étiquetage et les modalités d'étiquetage :

#### **Article R112-7 :**

- ✓ « L'étiquetage et les modalités selon lesquelles il est réalisé ne doivent pas être de nature à créer une confusion dans l'esprit de l'acheteur ou du consommateur, notamment sur les caractéristiques de la denrée alimentaire et notamment sur la nature, l'identité, les qualités, la composition, la quantité, la durabilité, l'origine ou la provenance, le mode de fabrication ou d'obtention. (...) ».
  
- ✓ « Les interdictions ou restrictions prévues ci-dessus s'appliquent également à la publicité et à la présentation des denrées alimentaires, notamment à la forme ou à l'aspect donné à celle-ci ou à leur emballage, au matériau d'emballage utilisé, à la manière dont elles sont disposées ainsi qu'à l'environnement dans lequel elles sont exposées. ».

### **Annexe V : Quelque instrument utilise pendant la pratique :**

#### **PH mètre :**



#### **Balance de précision :**



**Annexe VI : Une fiole à décanter présent la préparation des asters méthylique pour la chromatographie en phase gazeuse.**



**Annexe VII : Caractéristiques des amidons et leurs empois selon leur origine botanique.**

Propriétés	Maïs	Maïs Cireux	Pomme de terre	Manioc	Blé
-Taille des graines d'amidon ( $\mu\text{m}$ )	2-3	2-30	5-100	4-35	2-55
-% d'amylose	28	<2	21	17	28
-Pouvoir de gonflement à 95 C° (g/g)	24	64	1150	71	21

**Annexe VIII : Schéma d'une chromatographie en phase gazeuse.**

